This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**A propos de ce livre**

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

**Consignes d'utilisation**

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

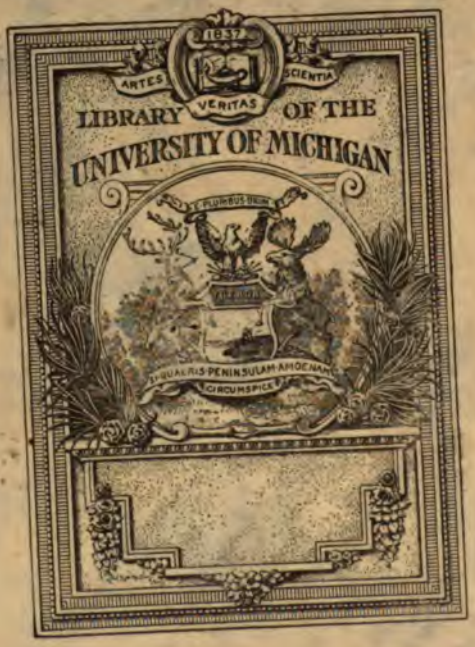
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

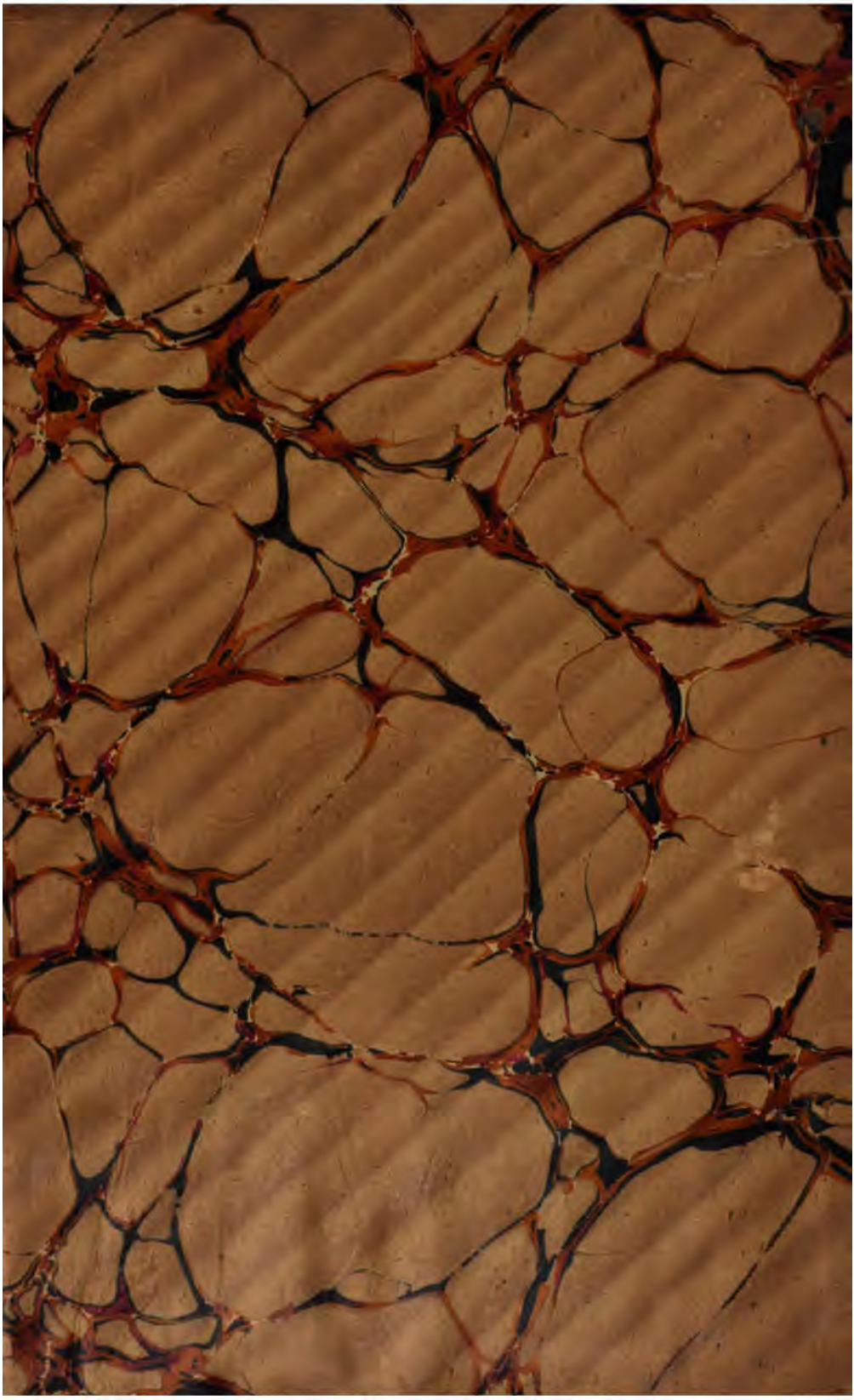
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

**À propos du service Google Recherche de Livres**

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

A 3 9015 00382 919 2
University of Michigan – BUHR


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



SCIENCE LIBRARY
QE
351
.S68

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
34644 Quai des Grands-Augustins, 55.

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE

DE

# MINÉRALOGIE

(ANCIENNE SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE),

**Fondée le 21 Mars 1878,**

RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET
DU 2 FÉVRIER 1886.

---

**TOME VINGT-SEPTIÈME.**

---

PARIS,

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE BAUDRY ET C^ie^,

15, rue des Saints-Pères, 15.

MAISON A LIÈGE, RUE DES DOMINICAINS, 7.

1904

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE

DE

# MINÉRALOGIE.

## LISTE DES MEMBRES

## 1904

### Membres honoraires décédés.

MILLER (W.-H.).
ADAM.
KOBELL (Fr. von).
SMITH (Lawrence).
SELLA (Q.).
RATH (G. vom).
DOMEYKO (I.).
LEUCHTENBERG (S. A. I. le grand-duc Nic. de).
KOKSCHAROW (N. DE).
SCACCHI (A.).
SZABO (J.).
MARIGNAC (Ch. DE).
DANA (J.-D.).
DES CLOIZEAUX.
SCHRAUF (A.).
FRIEDEL (Ch.).
RAMMELSBERG (C.).
NORDENSKIOELD (A.-E.).
DAMOUR (A.).

### Membres honoraires.

BRÖGGER (W.-C.), professeur à l'Université de Christiania.

FOUQUÉ (F.), membre de l'Institut, professeur d'Histoire naturelle des corps inorganiques au Collège de France, 23, rue Humboldt, Paris, 14e.

GROTH (Dr Paul), professeur à l'Université, Mineralogische Sammlung Akademie, Munich (Bavière).

LANG (V. von), k. k. Hofrat, professeur à l'Université de Vienne.

197672

MASKELYNE (N. S. Esq^re^), membre de la Chambre des Communes, Basset Down House, Swindon, Wilts (Angleterre).

ROSENBUSCH (D^r^ H.), professeur à l'Université de Heidelberg.

TOPSOE (D^r^ H.), professeur à l'École militaire de Copenhague.

TSCHERMAK (D^r^ G.), correspondant de l'Institut, professeur à l'Université de Vienne.

ZIRKEL (D^r^ Fr.), professeur à l'Université de Leipzig.

## Membres perpétuels.

BERTRAND (Émile), ingénieur, 35, boulevard des Invalides, Paris, 7^e^.

INSTITUT impérial des Mines de Saint-Pétersbourg.

MAUROY (DE), ingénieur, à Vassy (Haute-Marne).

SEIDEL Y AYMERICH (José), professeur à la Faculté des Sciences de la Havane (Cuba).

SPECULA VATICANA, à Rome.

SOCIÉTÉ impériale minéralogique de Saint-Pétersbourg.

## Membres ordinaires [1].

*m* AMARAL (Fr. José de Santa Maria), mostero de S. Bento, à Rio-de-Janeiro.

AMIOT (H.), ingénieur en chef des Mines, attaché à la Direction des Chemins de fer de P.-L.-M., 4, rue Weber, Paris, 16^e^.

ARMACHEWSKI (P.), professeur à l'Université de Kiew (Russie).

ARSANDAUX (H.), préparateur au Collège de France, 6, rue Flatters, Paris, 5^e^.

ATANASESCO (N.), docteur ès sciences, professeur de Chimie à la Faculté de Médecine, 21, strada Stirbey Voda, Bucharest.

---

[1] La lettre *m* indique les membres à vie.

BÄCKSTRÖM (Dr H.), professeur à la Högskola, 30, Kungsgatan, Stockholm.

BARDET (Dr), 20, rue de Vaugirard, Paris, 6e.

BARET (Ch.), 23, rue Chateaubriand, Nantes.

*m* BARROIS (Charles), professeur à la Faculté des Sciences, 41, rue Pascal, Lille, et 9, rue Chomel, Paris, 7e.

BARTH (J.-A.), éditeur des *Beiblätter zu den Annalen der Physik,* Rossplatz, 17, Leipzig.

BAUER (Dr Max), professeur à l'Université, Marburg (Hesse).

BEL (J.-M.), ancien élève de l'École Polytechnique, ingénieur civil des Mines, 4, place Denfert-Rochereau, Paris, 14e.

BENIER, ingénieur, Combs-la-Ville (Seine-et-Marne).

BENSAUDE (Dr Alf.), membre de l'Académie royale des Sciences, professeur à l'Institut industriel, 6, rue S. Gaetano, Lapa, Lisbonne.

BERGERON (Jules), professeur de Géologie et de Minéralogie à l'Ecole centrale, directeur adjoint du Laboratoire des recherches géologiques à la Faculté des Sciences, 157, boulevard Haussmann, Paris, 8e.

BERTRAND (Marcel), membre de l'Institut, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École des Mines, 101, rue de Rennes, Paris, 6e.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Clermont-Ferrand.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Grenoble.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Louvain (Belgique).

BIBLIOTHÈQUE de la K. Techn. Hochschule de Stuttgart.

BIZARD (R.), 72, rue Desjardins, Angers.

BLONDEL (Maurice), licencié ès sciences, 286, boulevard Raspail, Paris, 14e.

BOUBÉE (Madame E.), officier d'Académie, 3, boulevard et place Saint-André-des-Arts, Paris, 6e.

BOUCHARD (Dr), membre de l'Institut, 174, rue de Rivoli, Paris, 1er.

*m* BOUCHARDAT (Gust.), professeur à l'École de Pharmacie, 108, boulevard Saint-Germain, Paris, 6e.

BOURGEAT (l'abbé), docteur ès sciences, professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

*m* BOURGEOIS (Léon), répétiteur à l'École Polytechnique, assistant au Muséum d'Histoire naturelle, 1, boulevard Henri-IV, Paris, 4e.

*m* BOWMAN (Herbert-L.), démonstrateur de Minéralogie à l'Université, 7, Manor Road, Oxford (Angleterre).

BRALY (A.), ingénieur des Mines, 30, rue George-Sand, Paris, 16e.

BRAUNS (R.), professeur de Minéralogie à l'Université, 4, Ostanlage, Giessen.

BRÉON (René), ingénieur civil, Semur (Côte-d'Or).

BRONGNIART (Marcel), licencié ès Sciences, 1, rue Villersexel, Paris, 7e.

BÜCKING (Dr Hugo), professeur de Minéralogie à l'Université de Strasbourg.

*m* BUREAU (Dr Louis), professeur à l'École de Médecine, directeur du Musée d'Histoire naturelle, 15, rue Gresset, Nantes.

BUTTGENBACH (H.), ingénieur à Ensival (Belgique).

CABINET de Minéralogie de l'Université royale de Pavie.

CARNOT (Ad.), membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, directeur de l'École des Mines, Paris, 6e.

CESARO (G.), professeur de Minéralogie à l'Université de Liége, Cheratte (Belgique).

CHABRIÉ (C.), docteur ès sciences, sous-directeur du Laboratoire de Chimie appliquée et chargé de cours à la Faculté des Sciences, 83, rue Denfert-Rochereau, Paris, 14e.

CHURCH (A.-H.), F. R. S., professeur de Chimie, Shelsley. Kew Gardens, Surrey (Angleterre).

COHEN (Dr E.), professeur à l'Université, 4, Rossmarkt, Greifswald (Allemagne).

COLANI (A.), 19, rue Vauquelin, Paris, 5e.

COLORIANO (P. Ant.), docteur ès sciences, directeur de l'École normale d'instituteurs, 23, strada Ciclopi, Bucharest (Roumanie).

*m* COSTA-SENA (J. DA), ingénieur des Mines, Ouro-Preto, Minas Geraës (Brésil).

*m* CURIE (Pierre), chargé de Cours de Physique à la Faculté des Sciences de Paris, professeur à l'École de Physique et Chimie, 108, boulevard Kellermann, Paris, 13e.

DELAGE (A.), professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier.

DEMIDOFF LAPOUKHINE (Prince), 35, avenue Victor-Hugo, Paris, 16e.

DERWIS (Mlle Véra VON), École supérieure des femmes, 32, Fontanka, Saint-Pétersbourg.

DESHARNOUX, graveur, 69, rue Monge, Paris, 5e.

DOELTER (Dr Corn.), professeur de Minéralogie à l'Université de Gratz (Autriche).

DUFET (H.), maître de conférences de Minéralogie à l'École Normale supérieure, 35, rue de l'Arbalète, Paris, 5e.

DUPARC (Louis), professeur de Minéralogie à l'Université de Genève.

DURANDIÈRE (Arthur DE LA), 62, rue des Saint-Pères, Paris, 7e.

FLAMAND, chargé de cours à l'École des Sciences d'Alger, Alger-Mustapha.

FRIEDEL (Georges), ingénieur des Mines, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, 97, cours Fauriel, Saint-Étienne (Loire).

GAUBERT (Paul), docteur ès sciences, assistant de Minéralogie au Muséum d'Histoire naturelle, 1, rue Mirbel, Paris, 5e.

GENTIL (Louis), chargé de conférences de Pétrographie à la Faculté des Sciences, 65, boulevard Pasteur, Paris, 15e.

GLANGEAUD (Ph.), professeur adjoint de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

GLINKA (Serge), privat docent, cabinet de Minéralogie, Université impériale de Saint-Pétersbourg.

GOGUEL (H.), docteur ès sciences, maître de conférences de Minéralogie à la Faculté des Sciences, 52, cours d'Alsace-Lorraine, Bordeaux.

*m* GOLDSCHMIDT (Dr V.), professeur de Minéralogie et de Cristallographie à l'Université, 9, Gassbergstrasse, Heidelberg.

GONNARD (F.), ingénieur des hospices civils de Lyon, 38, quai de Vaise, Lyon.

GORCEIX (Henri), ex-directeur de l'Ecole des Mines d'Ouro-Preto (Brésil), à Mont-sur-Vienne, par Bujaleuf (Haute-Vienne).

*m* GRAMONT (Arnaud DE), docteur ès sciences, 81, rue de Lille, Paris, 7e.

GRATTAROLA, directeur du Musée et Laboratoire de Minéralogie de l'Institut royal des Études supérieures, 2, piazza San Marco, à Florence.

GROULT-DEYROLLE (P.), naturaliste, 46, rue du Bac, Paris, 7e.

GUYOT DE GRANDMAISON (E.), 23, rue Clairat, Bergerac (Dordogne).

HERBETTE (Jean), licencié ès Sciences, 17, rue Fortuny, Paris, 17e.

HINTZE (Dr C.), professeur de Minéralogie à l'Université, 5, Moltkestrasse, Breslau.

HUSSAK (E.), Commission géologique de São Paulo (Brésil).

INSTITUT minéralogique de l'Université de Czernowitz (Autriche).

JANNETTAZ (Paul), ingénieur des Arts et Manufactures, répétiteur à l'École centrale, 68, rue Claude-Bernard, Paris, 5e.

JOFFRE (J.), chimiste, 2, route de Saint-Leu, Montmorency (Seine-et-Oise).

JORISSEN, ingénieur, 56, rue Monge, Paris, 5e.

JUNGFLEISCH (E.), membre de l'Académie de Médecine, professeur à l'École de Pharmacie et au Conservatoire des Arts et Métiers, 74, rue du Cherche-Midi, Paris, 6e.

KAMPMANN (Alfred), Épinal.

KLEIN (Dr Carl), correspondant de l'Institut, professeur à l'Université de Berlin, Geh. Bergrath, Joachimsthaler Str., 39-40, Charlottenburg b. Berlin.

KLOBB (T.), professeur à l'École supérieure de Pharmacie, 44, rue de Metz, Nancy.

KRENNER (Dr J.), professeur de Minéralogie au National Museum, Buda-Pest.

KUNZ (Georges-F.), chez MM. Tiffany et Cie, Union Square, New-York City.

LACOUR (Alf.), ingénieur civil des Mines, 60, rue Ampère, Paris, 17e.

*m* LACROIX (A.), membre de l'Institut, professeur de Minéralogie au Muséum d'Histoire naturelle, 8, quai Henri-IV, Paris, 4e.

LAPPARENT (Alb. DE), membre de l'Institut, professeur de Géologie et Minéralogie à l'Institut catholique, 3, rue de Tilsitt, Paris, 8e.

LAPPARENT (Jacques DE), 3, rue de Tilsitt, Paris, 8e.

LASSALLE (Th.), route de Clermont, Montluçon (Allier).

LE CHATELIER (H.), ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École des Mines et au Collège de France, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris, 6e.

LEWIS (W.-J.), professeur, New Museums, Cambridge (Angleterre).

LIEBISCH (Dr Th.), professeur de Minéralogie à l'Université, Göttingen (Prusse).

LINDSTROEM (G.), adjoint au Riks-Museum, Stockholm (Suède).

*m* LIVERSIDGE, professeur à l'Université de Sydney, Nouvelle-Galles du Sud (Australie).

LOUGUININE, professeur à la Faculté des Sciences de Moscou, 77, avenue de Malakoff, Paris, 16e.

LOVISATO (Domenico), professeur à l'Université de Cagliari (Sardaigne), 19, viale Regina Margharita.

LUEDECKE (Dr Otto), professeur à l'Université, 8, Blumenthalstrasse, Halle s. Saale, Thuringe.

MATTIROLO (Ettore), ingénieur des Mines, directeur du Laboratoire chimique de l'Office royal géologique des Mines, Rome.

*m* MICHEL (Léopold), maître de conférences de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Paris, 54, boulevard Maillot, Neuilly (Seine).

*m* MICHEL LÉVY (A.), membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, directeur du Service de la Carte géologique de France, 26, rue Spontini, Paris, 16e.

MIEG (Mathieu), 48, avenue de Modenheim, Mulhouse.

*m* MIERS (Henry-A.), professeur au Magdalen College, Oxford.

*m* MIRABAUD (Paul), banquier, 8, rue de Provence, Paris, 9e.

MOISSAN (H.), membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences, 7, rue Vauquelin, Paris, 5e.

MOSES (Dr Alf. J.), professeur de Minéralogie à l'École des Mines, Columbia University, New-York.

MUSEUM d'Histoire naturelle de Hambourg (Allemagne).

NENTIEN (E.), ingénieur en chef des Mines, Chalon-sur-Saône.

NICOLAU (Dr Th.), professeur au Lycée, Strada Sf. Athanasie n° 1, Jassy (Roumanie).

ŒBBEKE (Dr K.), professeur de Minéralogie à la Technische Hochschule, Munich (Bavière).

OFFRET (Albert), professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Lyon, villa Sans-Souci, 53, chemin des Pins, Lyon.

O'GORMAN (comte Gaëtan), 21, avenue de Barèges, Pau (Basses-Pyrénées).

OUROCHEWITS (Sawa), professeur à l'École supérieure des Sciences de Belgrade (Serbie).

PACHECO DO CANTO E CASTRO (Eug. Vaz), professeur au Lycée de Ponta Delgada, île de Sâo-Miguel (Açores).

PAVOT, intendant militaire, 36 *bis*, rue Ballu, Paris, 9e.

PISANI (F.), chimiste, 8, rue de Furstenberg, Paris, 6e.

*m* POTIER (Alf.), membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, professeur honoraire à l'École Polytechnique, 89, boulevard Saint-Michel, Paris, 5e.

PURPER, avenue du Rond-Point, à Évry-Petit-Bourg (Seine-et-Oise).

*m* RICHARD (Ad.), préparateur à l'École des Mines, 73, rue du Cardinal-Lemoine, Paris, 5e.

ROMEU (DE), ingénieur des Arts et Manufactures, 38, boulevard de Courcelles, Paris, 17e.

ROUX (Léon), professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Poitiers.

*m* SAUVAGE (Ed.), ingénieur des Mines, 14, rue Eugène-Flachat (place Pereire), Paris, 17e.

*m* SAXE-COBOURG-GOTHA (S. A. I. le Prince dom Pedro DE).

SCACCHI (E.), professeur de Minéralogie à l'Université de Naples.

SCHULTEN (Dr Aug. DE), professeur à l'Université de Helsingfors (Finlande), au Laboratoire de M. Riban, à la Sorbonne, Paris, 5e.

SEHERR THOSS (le baron M. DE), Hohenzollernstrasse, 16, Berlin.

SELIGMANN (G.), 18, Schlossrondel, Coblentz.

SELLE (vicomte DE), au château de Fontienne, par Saint-Étienne-les-Orgues (Basses-Alpes).

SELWYN, ancien Directeur du Service géologique du Canada, Museum and Office, Sussex street, Ottawa.

SORET (Charles), professeur de Physique à l'Université, 8, rue Beauregard, Genève.

STÖBER (Dr H.), chargé de cours à l'Université, 45, boulevard Léopold, Gand.

STRUEVER (G.), professeur de Minéralogie à l'Université de Rome.

STUER (Al.), 4, rue de Castellane, Paris, 8e.

SUTTON (William J.), géologue à Victoria (Colombie Britannique).

TERMIER (Pierre), ingénieur en chef des Mines, professeur de Minéralogie à l'École des Mines, 164, rue de Vaugirard, Paris, 15e.

USSING (Dr N.-V.), professeur à l'Université de Copenhague.

VATIN, ingénieur civil des Mines, 24, rue du Champ-de-Mars, Paris, 7e.

WALLERANT (F.), professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Paris, 5e.

WICHMANN (Dr A.), professeur à l'Université d'Utrecht (Pays-Bas).

WINCHELL (N.-H.), géologue de l'État du Minnesota, Minneapolis (États-Unis).

WÜLFING (Dr E.-A.), professeur de Minéralogie à la Kgl. L. Akademie de Hohenheim (Wurtemberg).

WYROUBOFF (Grégoire), professeur au Collège de France, 20, rue Lacépède, Paris, 5e.

ZUJOVIC (J.-M.), professeur de Géologie à l'École supérieure de Belgrade (Serbie).

## Bureau de la Société
(Année 1904).

MM. H. DUFET, Président.
WALLERANT, DE GRAMONT, Vice-Présidents.
L. BOURGEOIS, Trésorier.
M. BLONDEL, Secrétaire pour la France.
Ad. RICHARD, Secrétaire pour l'Étranger.
J. HERBETTE, Archiviste.

---

## Membres du Conseil de la Société
(Année 1904).

MM. GAUBERT,
LACROIX,
L. MICHEL,
MM. PISANI,
DE SCHULTEN,
WYROUBOFF.

---

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

---

ANNÉE 1904. — BULLETIN N° 1.

---

## Compte rendu de la séance du 14 janvier 1904.

PRÉSIDENCE DE M. L. MICHEL.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. le Trésorier pour la lecture de son rapport.

---

## Rapport du Trésorier.

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

J'ai l'honneur de vous soumettre les comptes de l'année qui vient de s'écouler, arrêtés au 31 décembre.

## COMPTES DE L'EXERCICE 1903.

### Recettes.

| | fr |
|---|---|
| En caisse au 1er janvier 1903 | 10 568,40 |
| Cotisations arriérées | 560 |
| — de l'année | 977,40 |
| — anticipées | 80 |
| Allocation ministérielle | 600 |
| Abonnements et vente du *Bulletin* | 1 219,60 |
| Rentes sur l'État français 3 % | 264,50 |
| Intérêts du compte de chèques à la Société Générale | 36,40 |
| Intérêts des sommes déposées à la Caisse nationale d'Épargne, à 2 1/2 % | 94,07 |
| TOTAL | 14 400,37 |

### Dépenses.

| | fr |
|---|---|
| *Bulletin,* impression et port | 1 742,75 |
| — gravure | 11,50 |
| — rédaction et extraits | 200 |
| *Administration,* allocation au garçon de salle | 200 |
| — gratifications au concierge et au facteur de la poste (2 années) | 44 |
| — frais de bureau | 178,55 |
| *Bibliothèque,* abonnements | 204,75 |
| — reliure et frais divers | 116,50 |
| — assurance contre l'incendie | 34,80 |
| Achat de $\frac{5}{7}$ de franc, promesse de rente 3% | 18,76 |
| Société Générale, droits de garde, timbres, frais de recouvrement | 4,05 |
| Solde en caisse au 1er janvier 1904 | 11 644,71 |
| TOTAL | 14 400,37 |

Notre fonds de réserve consiste aujourd'hui dans les valeurs suivantes évaluées au cours du 31 décembre dernier :

| | |
|---|---|
| 297fr de rente française 3 % perpétuel à 97fr,10..... | 9 612fr,80 |

ce qui, joint à l'encaisse à la même date, constitue un actif immédiatement réalisable de 21 257fr,51.

Nous avons continué à encaisser cette année les souscriptions pour le monument des frères Haüy récemment inauguré à Saint-Just-en-Chaussée (Oise); nous les avons portées à un compte spécial et nous avons ainsi remis entre les mains du Comité du monument une somme totale de 521fr,10.

Je termine en vous proposant le budget suivant pour l'année qui débute :

## PROJET DE BUDGET POUR 1904.

### Recettes.

| | |
|---|---|
| Reprise sur l'encaisse précédente..... | 2 953fr |
| Cotisations..... | 1 600 |
| Allocation ministérielle..... | 600 |
| Intérêts du fonds de réserve..... | 297 |
| Abonnements et vente du *Bulletin*..... | 1 200 |
| TOTAL..... | 6 650 |

**Dépenses.**

| | fr |
|---|---|
| *Bulletin,* impression et port | 5 000 |
| — gravure | 500 |
| — rédaction et extraits | 500 |
| *Administration,* allocation au garçon de salle | 200 |
| — frais divers | 200 |
| *Bibliothèque,* abonnements, reliures, assurances, etc. | 250 |
| TOTAL | 6 650 |

*Le Trésorier,*
L. BOURGEOIS.

M. GENTIL donne lecture du Rapport suivant :

Les membres de la Commission de Comptabilité ont examiné les comptes de 1903 et ont constaté leur parfaite régularité. Ils proposent d'adresser tous les remercîments des Membres de la Société à M. le Trésorier.

CHABRIÉ, GENTIL, DE ROMEU.

Les remercîments sont votés à l'unanimité.

---

Il est procédé aux élections pour le renouvellement du Bureau de la Société.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

*Présidence :* M. H. Dufet obtient 35 voix; M. Offret, 5 voix. Il y a trois bulletins nuls.

En conséquence, M. H. Dufet est proclamé président.

*Vice-présidence :* M. Wallerant obtient 39 voix, M. de Gramont 34, M. Bertrand 1, M. Gonnard 1.

MM. Wallerant et de Gramont sont proclamés vice-présidents.

Sont renommés dans leurs fonctions pour 2 ans : M. Bourgeois, trésorier, et M. Richard, secrétaire pour l'étranger.

MM. Lacroix et Michel sont nommés membres du Conseil pour 2 ans.

En conséquence, le Bureau de la Société est constitué pour 1904 de la façon suivante :

*Président :* M. H. Dufet;
*Vice-présidents :* MM. Wallerant et de Gramont;
*Trésorier :* M. Bourgeois;
*Secrétaires :* MM. Blondel et Richard;
*Archiviste :* M. Herbette;
*Membres du Conseil :* MM. Gaubert, Lacroix, Michel, Pisani, de Schulten et Wyrouboff.

M. L. Michel, avant de céder le fauteuil de la présidence à M. H. Dufet, adresse ses remercîments à la Société. M. H. Dufet remercie la Société de l'honneur qu'elle lui a fait en l'appelant à présider ses séances.

M. le Président proclame membres de la Société :

M. Louguinine, professeur à la Faculté des Sciences de Moscou.

M. Jacques de Lapparent;

M. William J. Sutton, géologue, à Victoria (Colombie britannique).

M. Pisani présente une Note sur l'action radioactive de certains minéraux.

M. Bardet fait une communication sur le même sujet.

M. Lacroix présente un bel échantillon de kunzite taillée.

## Contribution à l'étude des faces cristallines. (Faces vicinales).

Par M. Paul Gaubert.

J'ai montré dans un travail antérieur (1) que les cristaux produits rapidement, ont en général des formes simples indépendantes du milieu ambiant. Les formes, qui prennent ainsi naissance, sont seulement une conséquence directe de la cohésion et il est fort probable que la théorie de Mallard (2) sur la formation des faces leur est applicable.

Lorsque la cristallisation est plus lente, les conditions extérieures interviennent, le milieu ambiant a une influence considérable : l'addition à l'eau mère d'une substance étrangère peut complètement modifier les formes, mais fréquemment les mêmes faces persistent. Dans ce cas les arêtes et les angles de ces dernières présentent des troncatures, des biseaux, produisant des facettes plus ou moins développées. Leur production est liée à la cohésion et aux actions capillaires, de telle sorte que la théorie de M. P. Curie (3) peut fournir l'explication de l'existence et du développement de toutes ces facettes secondaires.

J'ai indiqué ensuite que les figures irrégulières et les petites pyramides, qui se trouvent en plus ou moins grand nombre sur les faces (polyédrie de Scacchi), pouvaient devoir leur formation aux courants de concentration. C'est l'étude de ces dernières qui va être surtout l'objet du présent travail.

---

(1) Paul Gaubert, ce *Bull.*, t. XXV, 1902, p. 223-260.
(2) E. Mallard, *Traité de Cristallographie*, t. I.
(3) P. Curie, ce *Bull.*, t. VIII, 1885, p. 145.

Par conséquent, un cristal présente trois sortes de faces d'accroissement :

1° Faces formées par cristallisation rapide, dues seulement à la cohésion;

2° Faces formées par cristallisation lente et produites sous l'influence de la cohésion et des actions capillaires;

3° Faces produites par des courants de concentration tout à fait faibles et résultant de la cohésion, des actions capillaires et d'autres causes qui vont être étudiées plus loin.

Les faces de dissolution peuvent être dans quelques cas des faces simples, mais généralement elles ont des faces compliquées, comme dans les figures de corrosion et ressemblant beaucoup à celles qui limitent les petites pyramides d'accroissement.

Des expériences, faites sur le nitrate de plomb, montrent que le même cristal peut présenter dans une partie des faces fondamentales seulement, tandis que dans la partie opposée se trouvent des facettes secondaires. L'observation montre que la première partie du cristal est sous l'influence d'un courant de concentration, qu'elle s'accroît par conséquent rapidement, alors que l'autre région augmente lentement, n'étant que sous l'action de la diffusion.

Un cristal peut aussi s'accroître par certaines faces alors que d'autres de ces dernières, placées à une certaine distance des premières, peuvent être attaquées. Le même cristal présentera donc des faces d'accroissement et des faces de dissolution.

### FACES VICINALES.

Dauber [1] a montré que les angles des faces des cristaux n'avaient pas toujours une valeur constante, mais A. Scac-

---

[1] H. Dauber, *Poggendorf Ann.*, t. CIII, 1858, p. 107.

chi [1] s'est occupé le premier des pyramides plus ou moins aplaties, remplaçant les faces cristallines à symboles simples, et des facettes n'obéissant pas à la loi des indices rationnels. Il a fait de nombreuses mesures montrant que l'angle de ces faces varie d'un cristal à l'autre; il a désigné le phénomène sous le nom de *polyédrie*. Dans son grand Mémoire, il étudie les corps chez lesquels la polyédrie s'observe dans plusieurs zones (fluorine, galène, etc.), ceux qui ne sont affectés que dans une seule zone (pyrite, etc.), et finalement la polyédrie indéterminée. Scacchi a cherché à établir des relations entre l'existence de ces faces anormales et les macles. Il admet, comme conséquence de ses observations, qu'une face cristalline peut présenter de faibles variations dans sa position.

Websky [2] a donné le nom de *faces vicinales* à celles qui ont des symboles compliqués et qui sont très voisines des faces ordinaires et il fait rentrer dans la polyédrie les faces qui ont leur cause dans une modification analogue de la structure interne et en particulier des macles et des groupements. Tschermak [3] et Zirkel [4] et d'autres auteurs admettent les définitions de Websky.

M. Wyrouboff [5] a proposé une explication de la polyédrie de la fluorine; se basant sur l'observation des figures de corrosion, il admet que les octaèdres élémentaires, formant les cubes, deviennent obliques aux faces sur les cristaux maclés, qui se gênent mutuellement dans le dépôt régulier de ces octaèdres.

Les faces vicinales ne seraient pas tout à fait irrégulières. Websky dans l'adulaire, von Zepharovich dans l'aragonite, Grunhüt dans la topaze, von Karnojitsky dans plusieurs mi-

---

(1) A. Scacchi, *Sulla Poliedria delle Facce dei Cristalli*, Turin, 1862.
(2) Websky, *Zeitsch. d. deutschen geol. Gesellsch.*, t. XV, 1862, p. 677.
(3) Tschermak, *Lehrbuch der Mineralogie.*
(4) Zirkel, *Elemente der Mineralogie.*
(5) G. Wyrouboff, *Bull. de la Soc. chim. de Paris*, t. XII, 1869, p. 221.

néraux, etc., ont trouvé que les symboles des faces vicinales d'une même zone avaient fréquemment un indice commun.

Sadebeck ([1]) a admis que les cristaux étaient formés d'éléments très petits auxquels il donne le nom de sous-individus. Une partie de ces derniers se montrent sur les faces, les autres n'apparaissant que par dissolution lente du cristal. Les sous-individus se divisent en sous-individus de degré supérieur et sous-individus de degré inférieur. La forme du degré supérieur est celle de l'individu principal et limite, en général, les formes simples du cristal, tandis que les individus inférieurs limitent les formes vicinales. Ainsi dans le quartz, les sous-individus du premier degré forment la limite des faces ordinaires, c'est-à-dire les faces du prisme hexagonal $e^2$ et celles des deux rhomboèdres $p$ et $c^{\frac{1}{2}}$ et, ceux du degré inférieur, les faces vicinales.

M. Max Schuster ([2]), qui a consacré un grand travail à l'étude des faces vicinales de la danburite, est arrivé à admettre que ces faces sont seulement une formation superficielle, n'ayant aucune influence sur les propriétés optiques. Elles doivent être considérées comme des combinaisons non développées.

Elles ne seraient pas non plus des anomalies, mais une apparition très régulière de la formation du cristal. Les nombreuses mesures qu'il a faites ont montré que les faces vicinales d'une même zone faisaient avec les autres faces des angles différents, mais les différences obéissent à une loi : elles sont égales ou multiples de la même quantité et forment par conséquent une progression géométrique.

M. Max Schuster pense que les faces vicinales doivent être considérées comme la manifestation de deux forces : une qui

---

([1]) Sadebeck, *Abh. der Königl. Akad. der Wiss.*, Berlin, 1876, p. 118.

([2]) Max Schuster, *Tschermak's Mitth.*, t. V, 2e série, 1883, p. 397-457 et t. VI, p. 301-514.

dépend de l'arrivée des nouvelles molécules déposées et de leur état, l'autre qui dépend de la face du cristal formé.

Elles paraissent induites par cette face, par le fait que leur formation dépend de cette dernière.

Max Schuster leur attribue une grande importance et pense que, dans un certain avenir, elles occuperont les cristallographes.

M. Hintze (1), qui a étudié les faces vicinales de la célestine de Lünebourg, a aussi constaté que ces dernières n'ont pas des indices rationnels et les a comparées aux faces de dissolution que présentent les faces corrodées des cristaux.

M. von Karnojitzky (2) distingue les faces vicinales en primaires, secondaires et tertiaires suivant que la constitution du cristal ou groupe d'individus est plus ou moins complexe. Il n'admet pas que les faces vicinales soient considérées comme de véritables faces à symboles compliqués. Cependant elles ne sont pas sans une certaine régularité, puisque les variations des angles sont dans des rapports rationnels simples (Jerofejeff) (3). Ainsi, pour le béryl des environs de Mursinka, les valeurs des angles du prisme hexagonal avec la face vicinale sont des multiples de 20″.

M. Beckenkamp (4), au cours de ses recherches sur la symétrie des cristaux, a développé une théorie de la formation des faces cristallines normales et des faces vicinales.

Le mouvement des molécules, à l'intérieur d'une solution, est dû, d'après ce savant, à la force de tension, ayant son origine dans la solution et à la force attractive du cristal. La

---

(1) M. Hintze, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XI, 1886, p. 220.

(2) Von Karnojitzky, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXX, 1899, p. 303 et *Verh. d. Kais. russ. min. Gesellsch.*, série II, t. XXXIII, 1895, p. 65-228.

(3) Jerofejeff, cité par v. Karnojitsky.

(4) Beckenkamp, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XIX, 1891, p. 260; t. XXVIII, 1897, p. 69; t. XXXVI, 1902, p. 111.

force, due à la diffusion toute seule, ne disposerait pas régulièrement sur le cristal les nouvelles molécules. L'influence qui domine est, d'accord avec M. P. Curie, la tension superficielle à la surface du cristal.

Pour expliquer les faces vicinales, M. Beckenkamp admet ensuite que les molécules, qui se déposent, viennent se mettre dans le prolongement d'une couche déjà formée, mais il arrive aussi qu'une molécule se place sur la couche précédente et elle forme ainsi le noyau d'un nouveau dépôt de molécules. Il peut se former ainsi de nouvelles couches et, dans le cas où elles n'ont pas toutes la même étendue, elles donnent naissance à une ou plusieurs faces vicinales, qui sont formées par les plans limitant extérieurement les couches de molécules.

M. G. Wulff (1) attribue aux courants de concentration la production des faces vicinales. Dans la cristallisation, les molécules s'orientent sur les faces des cristaux sous l'influence de la force de cristallisation; cependant les forces qui attirent la molécule dans les courants de concentration doivent aussi intervenir et M. G. Wulff admet que la molécule est orientée par la force résultante de celle de la cristallisation et celle des courants de concentration. Par conséquent, d'après cette supposition, la position des faces vicinales dépend des facteurs suivants : 1° de l'intensité du courant de concentration; 2° de la direction de ce dernier par rapport à la face considérée; 3° de la forme de cette face.

M. G. Wulff pense qu'on ne doit pas considérer les faces vicinales comme des faces ordinaires à symboles compliqués.

M. S. Weyberg (2) attribue aussi la production des faces vicinales aux courants de concentration. Ceux-ci arrivant par les bords d'une face, se rencontrent sur cette dernière. Le

---

(1) G. Wulff, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXXIV, 1901, p. 461.
(2) S. Weyberg, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXXIV, 1901, p. 530.

mouvement est ralenti là où les courants se touchent, et il y a une plus grande accumulation de matière et production des arêtes vicinales dans cette partie.

L'hypothèse de M. Wulff a a été combattue par M. Beckenkamp et par M. Viola.

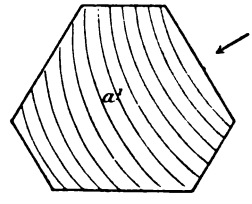
M. Miers [1] a fait dernièrement des expériences, montrant que les indices des faces vicinales varient avec les conditions de cristallisation et en particulier de la concentration.

D'autres auteurs se sont occupés des faces vicinales; je citerai en particulier les recherches de Franco [2] sur l'idocrase du Vésuve; de Becke [3], qui a décrit les faces vicinales de la dolomie de Léogang (d'après ce dernier savant, ces faces se sont formées par manque de matière); de Zepharovich [4] sur l'adulaire et de Palla [5] sur celles des faces (111) de la mésotype, les recherches théoriques de M. Goldschmidt [6], etc.

*Origine des faces vicinales.*

On sait que le cristal ne s'accroît pas toujours simultané-

Fig. 1.




ment sur toute sa surface et que les courants de concentra-

(1) Miers, *Proceed. of the Royal soc.*, Vol. LXXI, 1903, p. 439-441.

(2) Franco, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XX, 1892, p. 616.

(3) Becke, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XIX, 1891.

(4) Von Zepharovich, *Sitz. Ber. d. Kais. Akad. d. Wiss.*, Vienne, t. XCVIII, 1889, p. 404.

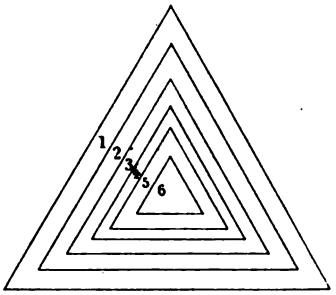
(5) Palla, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. IX, 1884, p. 386.

(6) V. Goldschmidt, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXVI, p. 6; t. XXVIII, p. 7; t. XXIX, p. 46.

tion amènent de la matière au milieu d'une face (*fig.* 2) ou sur les bords (*fig.* 1) et qui de là se répand sur tout le cristal.

Dans le nitrate de plomb, qui montre bien le phénomène,

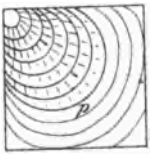
Fig. 2.




j'ai toujours observé que, quand les courants étaient visibles, le cristal s'accroissait assez rapidement pour que ses formes soient simples. Les cristaux se présentent dans ce cas en octaèdres réguliers.

Si les courants de concentration sont trop faibles pour que la couche partant du centre ou des bords (*fig.* 3) puisse cou-

Fig. 3.



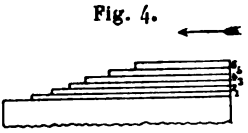
vrir toute la face, la matière cristalline peut former un dépôt à contours irréguliers qui n'ont aucune relation avec le réseau du cristal, ou bien qui sont en rapport avec la symétrie de ce dernier (*fig.* 2). La forme du dépôt irrégulier donne une idée de la direction du courant de concentration et paraît être influencée par celui-ci seulement (*fig.* 3). Mais généralement

la substance cristalline, arrivant sur une surface limitant un cristal de même nature, non seulement s'oriente sur ce dernier, mais prend aussi des contours extérieurs en rapport avec la symétrie du cristal.

Deux cas peuvent se présenter :

1° Le courant est tout à fait latéral. Il se produit une ou plusieurs faces faisant un angle très petit avec la face du cristal (*fig.* 4). Si les courants viennent simultanément sur

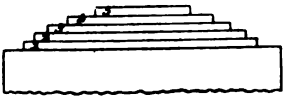
Fig. 4.



tout le contour de la face, on obtient un creux au centre. Les cristaux naturels présentent souvent ce fait, et en particulier la pyromorphite, etc.

2° Le courant est vertical à la face ou est assez voisin de la

Fig. 5.



normale à cette dernière. Il se produit alors une (*fig.* 5) ou plusieurs pyramides (*fig.* 6 et 7), dont les faces sont simples

Fig. 6.

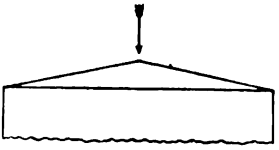
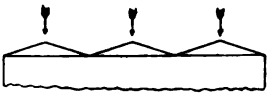


Fig. 7.



(*fig.* 6 et 7) ou en escalier (*fig.* 5). Ces pyramides peuvent être aussi tout à fait irrégulières et ne pas avoir des faces

planes. Les stries présentées par ces figures montrent bien qu'elles se sont produites ainsi. Du reste je reviendrai sur cette question dans le cours de ce travail, en passant en revue un certain nombre de cristaux, les explications fournies dans ce Paragraphe ne servant qu'à guider le lecteur. La discussion de l'origine des faces vicinales sera donnée après l'exposition des faits qu'il s'agit d'interpréter.

Je considère comme pyramides vicinales toutes les figures en relief, grandes ou petites, se trouvant sur les faces, à l'exception de celles qui sont produites par corrosion et celles qui doivent être sûrement attribuées à la polyédrie de Websky.

Je vais passer successivement en revue les figures irrégulières, qui se trouvent sur les faces des cristaux, et ensuite les pyramides et faces vicinales, observées dans quelques substances appartenant aux différents systèmes cristallins. Quelques corps seulement ont été pris comme exemples, car, si les faces vicinales ne se trouvent pas sur tous les cristaux, elles existent sur quelques individus de toutes les substances.

### FIGURES IRRÉGULIÈRES.

Pour montrer que les pyramides, attribuées à la polyédrie par Scacchi, sont bien produites sous l'influence des courants de concentration, je vais examiner quelques-unes des figures irrégulières observées sur les faces des cristaux.

On sait que, sur les faces cristallines, il existe fréquemment des figures en relief, ne présentant aucune sorte de régularité et dont le contour arrondi est plus ou moins net. Elles se montrent sur des cristaux artificiels (nitrate de plomb, aluns, sulfate de cuivre, etc.), aussi bien que sur les cristaux naturels.

Le cuivre gris de Saint-Pierre d'Allevard montre sur les faces du tétraèdre des figures tout à fait irrégulières.

Les cristaux de cassitérite présentent très souvent des

figures à forme très variée. Ceux de La Villeder sont remarquables à ce point de vue. Le courant de concentration est ici mis en évidence par la structure et la forme des irrégularités qui se trouvent sur les faces. Ces figures varient d'un échantillon à l'autre. Je veux ici seulement signaler les deux suivantes, représentées par les figures ci-jointes.

Dans le cristal (*fig.* 8) le courant de concentration est

Fig. 8.

arrivé sur l'arête $b^{\frac{1}{2}}\,b^{\frac{1}{2}}$ (111) (111) et a amené de la matière

Fig. 9.

cristalline sur les deux faces adjacentes. La limite des dépôts indique que ce courant s'est affaibli graduellement.

Le cristal représenté figure 9 montre que les deux cou-

rants sont arrivés sur les angles et ont formé des couches à contours concentriques.

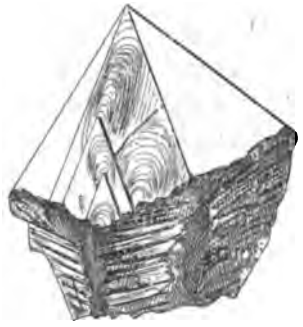
Le fer oligiste du Puy de la Tache présente sur la base (0001) de fréquents exemples de ces figures irrégulières. Elles ont été décrites et figurées par M. A. Lacroix dans la *Minéralogie de la France*, t. III, p. 256, *fig.* 4 à 7.

Le carborundum offre aussi les mêmes figures sur la face $a^1$, qui est encore ici une face d'aplatissement, comme dans le fer oligiste.

En général ces figures se trouvent sur les faces les plus développées du cristal et on ne les observe que très rarement sur les faces étroites.

Le quartz montre, beaucoup plus fréquemment que les autres minéraux, de ces figures irrégulières. Ces dernières existent presque toujours sur les cristaux d'améthyste de l'Uruguay. L'examen de leur forme et des couches plus ou moins concentriques qu'elles présentent, leurs relations avec les arêtes du cristal et avec les cristaux voisins, montrent bien la direction du courant qui leur a donné naissance. Ainsi, comme l'indique la figure 10 sur la face *p*, deux cou-

Fig. 10.

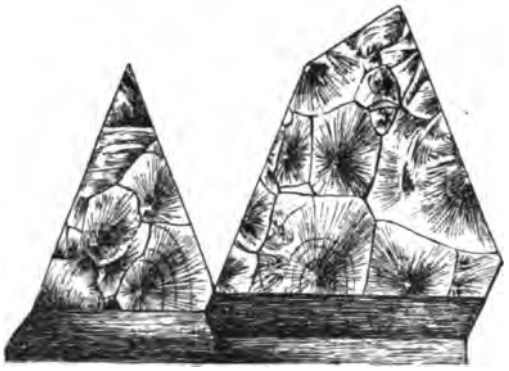


rants ont contribué à former les couches tout à fait extérieures. Entre les deux parties il y a une concavité.

La même figure représente trois faces de cristaux groupés dont les figures ont la même orientation, ce qui indique bien que le même courant a amené leur formation. Souvent le courant est aussi guidé, pour ainsi dire, par un des cristaux voisins. L'on verra plus loin que dans la fluorine le courant est presque toujours dirigé par l'autre individu maclé.

La figure 11 représente les deux faces adjacentes d'un cris-

Fig. 11.



tal de quartz enfumé de Florissant, qui sont couvertes de figures en relief, présentant des stries concentriques et radiées, et qui montrent que plusieurs courants de concentration ont amené la matière sur différents points à la fois des faces $p$ et $e^{\frac{1}{2}}$. Ici le dépôt de substances a été tout à fait irrégulier et les contours des figures n'ont rien de géométrique.

La fréquence de l'accroissement irrégulier du quartz et de la cassitérite est peut-être liée à la facilité avec laquelle ces minéraux forment des concrétions (calcédoine et étain de bois).

Les cristaux de barytine de Damellington présentent des

figures très remarquables dont la surface extérieure est complètement arrondie.

Sur des cristaux d'adulaire du Saint-Gothard, on peut voir que les faces $a^1$ ont des figures en relief, dont la forme arrondie et irrégulière semble due à une concrétion.

On pourrait signaler des quantités d'autres exemples, mais ceux que je viens de citer sont en nombre suffisant pour montrer que, dans certains cas, la matière cristallisée ne se limite pas extérieurement par des faces planes. Cependant l'examen des clivages, des propriétés optiques montre que la substance, tout en présentant extérieurement une forme qui n'est pas en relation avec la structure cristalline, mais bien avec celle d'une substance amorphe, s'est orientée comme le reste du cristal et qu'elle en a toutes les propriétés. Sous l'influence de certaines conditions inconnues les faces n'ont pas pu se développer, mais je ne crois pas que le contour arrondi soit une conséquence directe des propriétés de la matière cristallisée et je le comparerai à celui des rubis de fusion, dont la forme extérieure est quelconque, alors que les molécules sont orientées comme dans un cristal limité par des faces cristallines.

M. Wyrouboff a dit, en effet, à la séance de décembre 1902 que les rubis obtenus en fondant de l'alumine par M. Verneuil étaient composés d'un cristal unique.

Je ferai encore remarquer que les courants de concentration agissent sur certaines faces plutôt que sur d'autres, qui n'attirent plus la matière cristallisée alors que les premières continuent encore à s'accroître. Ce fait, connu depuis fort longtemps, est surtout remarquable dans le diamant, dont l'accroissement se fait seulement par le milieu des faces de l'octaèdre. Comme on l'a déjà constaté, toutes les faces du diamant, à l'exception de $a^1$, sont formées par des couches qui sont parties du centre de la face $a^1$ et de là se sont étendues sur

tout le cristal. Mais la structure n'est pas schisteuse comme le prétend Sadebeck [1]; les nouvelles couches apportées s'orientent comme les anciennes et, si le cristal est pur, s'il n'y a pas eu d'interruption dans l'accroissement du cristal, il n'y a pas eu de dépôt de matière étrangère, le cristal peut être complètement homogène. Il n'est nullement nécessaire de faire intervenir les sous-individus de Sadebeck. La forme fondamentale du diamant est l'octaèdre régulier. C'est la forme que présenteront tous les cristaux formés rapidement. L'accroissement se fait toujours par les faces de l'octaèdre, de telle sorte que les faces $b^1$, $a^2$ ne sont, en somme, que des faces vicinales.

Dans les cristaux à faces creuses, les courants amènent la matière sur les arêtes et la substance cristalline n'est pas en quantité suffisante pour se déposer sur les faces (cuprite).

### Figures régulières.

Je vais passer en revue les faces vicinales de quelques substances cristallisant dans les différents systèmes, mais en étudiant d'une façon spéciale le quartz et la topaze.

#### *Système cubique.*

*Fluorine.* — Les figures ont été surtout étudiées par Scacchi dans la fluorine où elles sont en général assez irrégulières. On peut trouver tous les passages entre les figures tout à fait régulières et celles qui viennent d'être décrites. Scacchi [2] a montré qu'elles étaient en relation avec les macles. Dans la

---

(1) Sadebeck, *loc. cit.*. — E. H. von Baumhauer, *Arch. néerl.*, t. XVIII, 1881, p. 91.

(2) A. Scacchi, *loc. cit.*, p. 6.

fluorine du Cumberland les cristaux ayant la forme de cubes sont maclés par pénétration suivant $a^1$. Les faces du cube sont remplacées par des pyramides, plus ou moins aplaties, dont le sommet se trouve presque toujours au point où une arête de l'autre individu perce la face considérée. Scacchi, qui a bien établi ce fait, a en outre montré la variation des angles de la pyramide d'un individu à l'autre. Ces pyramides sont quadrangulaires ou à huit faces. Dans le premier cas elles forment un cube pyramidé $b^x$, dans le second un hexakisoctaèdre.

Les faces de la pyramide ne sont pas formées par un plan, mais par une série de facettes les unes plus inclinées, les autres moins que la face du cube pyramidé. En somme cette dernière est la résultante de deux sortes de faces formant une espèce d'escalier, mais il n'en est pas toujours ainsi et l'on voit souvent des cristaux avec des pyramides à faces simples, mais souvent mates.

La forme fondamentale de la fluorine est le cube. L'examen des échantillons de diverses localités montre en effet que les cristaux, ayant les caractères de ceux qui sont formés rapidement, possèdent exclusivement cette forme. Les faces $b^3$ sont presque toujours des faces de dissolution et souvent $b^1$ (110) est dans ce cas. Elles sont ternes et montrent des stries, des rugosités, indiquant une attaque, qui est souvent confirmée par la corrosion des faces du cube ou de celles des pyramides surmontant le cube. Quant aux faces de l'octaèdre, elles ne sont pas très fréquentes dans la fluorine, et alors le cristal est formé de cubes, ou elles sont mates comme dans la fluorine rose du Saint-Gothard.

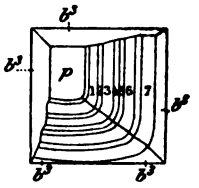
J'ai dit plus haut que les faces pyramidales étaient souvent la résultante d'autres facettes (*fig.* 12). La mesure des angles de ces dernières, sur un cristal de fluorine provenant de Gersdorf, a fourni les nombres suivants en partant du sommet de la pyramide ou plutôt de la face *n*. 2, 3, 4, etc.

désignent des couches formant la grande pyramide :

| | |
|---|---|
| | ° ′ |
| $p$:2 | 0.6 |
| 2:3 | 0.2 |
| 3:4 | 0.5 |
| 4:5 | 0.1 |
| 5:6 | 0.2 |
| 6:7 | 0.4 |

L'angle de ces facettes, qu'on peut mesurer rarement avec la face $p$, va, par conséquent, dans ce cristal en augmentant,

Fig. 12.




mais il n'en est pas toujours ainsi et souvent cet angle avec la face $p$ est presque le même ; quelquefois cet angle est même plus petit que 0°, c'est-à-dire qu'on a un angle rentrant.

Les faces vicinales de la fluorine sont données comme exemple de faces induites par M. Goldschmidt (1), qui explique leur formation de la façon suivante. Dans la fluorine, sur laquelle on observe les pyramides vicinales, un cristal perce la face d'un autre cristal. L'action des deux cristaux sur l'apport de matière agit dans le même sens de telle façon que les cavités des faces en escalier sont remplies et une face plus ou moins régulière se produit ainsi.

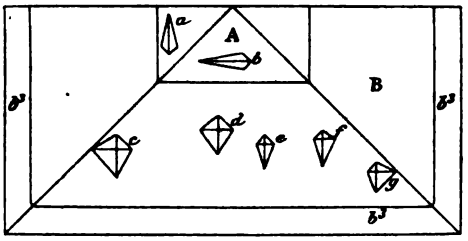
Von Lasaulx (2) a décrit les faces vicinales de la fluorine de Konigshayn. J'ai observé que ces faces, sur un cristal prove-

(1) V. Goldschmidt, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXIX, 1898, p. 46.
(2) Von Lasaulx, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. I, 1877, p. 359.

nant du Cumberland, montrent des figures en relief et des figures de corrosion. Les unes et les autres sont tantôt régulières, tantôt irrégulières. Ces deux sortes de figures s'observent sur la même face. L'irrégularité n'est pas en rapport avec la symétrie du cristal. Un examen attentif montre que la symétrie est parfois due à l'obliquité de la face qui les porte. En outre, à une petite distance de ces figures, il en existe dont le contour est tout à fait irrégulier.

Les figures en relief se trouvent près du sommet de la pyramide vicinale (*fig.* 13, *a*, *b*), alors que les figures en creux

Fig. 13.

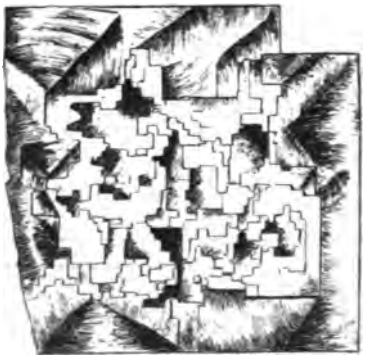



sont à la base (*fig.* 13, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*). Le cristal a donc été attaqué sur des parties pendant que les autres sont restées intactes, probablement parce que la substance corrosive n'a agi que sur certaines parties ou encore, parce que le cristal n'avait pas une surface identique sur toutes ses parties. Les parties, formées en escalier, s'attaquent beaucoup plus facilement que les autres.

Je ferai remarquer, en passant, que l'asymétrie des figures en relief *a*, *b*, et des figures en creux *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, est produite ici par une face vicinale. L'asymétrie est d'autant plus marquée : 1° que l'angle de la face *p* avec une face vicinale est plus grand; 2° que l'angle des faces, limitant les figures en relief ou en creux, avec la face *p* est plus petit.

Les cristaux de fluorine de Gersdorf présentent sur les faces du cube une pyramide, dans le cas où elles sont très petites; mais si les cristaux sont grands, il y a un grand nombre de figures et il est à remarquer que, dans le cas où la face du gros cristal est couverte de cubes plus petits et orientés comme les gros, le sommet des pyramides vicinales se trouve à l'angle d'un de ces cubes. Le courant de concentration qui a amené la substance formant les pyramides a été guidé par ces derniers (*fig.* 14).

Fig. 14.



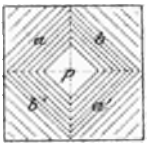
Les pyramides vicinales de la fluorine de Gersdorf sont aussi formées de couches en escalier et, assez fréquemment, le contour au lieu d'être quadrangulaire est légèrement arrondi (*fig.* 14).

Sur les cristaux de fluorine d'Andreasberg, on observe quelquefois des figures en relief qui, au lieu d'être quadrangulaires, sont presque hémisphériques; cependant leur symétrie est légèrement indiquée.

Les pyramides vicinales de la fluorine de Gersdorf et d'Andreasberg sont plus aplaties sur les faces du cube que celles du Cumberland.

La *galène*, étudiée par Scacchi, possède assez souvent des pyramides vicinales sur la face du cube; tantôt elles sont formées d'une série de facettes (*fig.* 15), tantôt elles sont

Fig. 15.




simples. Les faces de la pyramide ont le plus souvent pour base l'arête $pa^1$ (*fig.* 15), quelquefois aussi l'arête *pp*. M. A. Lacroix [1], qui a bien voulu mettre les deux figures ci-jointes à ma disposition, a signalé ces figures sur des cristaux de Pesey et du Derbyshire (*fig.* 16 et 17).

Fig. 16. Fig. 17.

Les pyramides peuvent être isolées ou être immédiatement en contact les unes avec les autres par leur base, de telle façon que la face du cube est partagée en parties à peu près égales.

---

[1] A. Lacroix, *Minéralogie de la France et de ses colonies*. t. II, 1897, p. 493, *fig.* 22 *et* 23.

La mesure des angles de ces pyramides (*fig.* 15) m'a fourni les résultats suivants :

| | Pyramides | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I. | II. | III. | IV. |
| *a*:*a*'..... | 1°11' | 1°12' | 1°11' | 1°10' |
| *b*:*b*'..... | 1°18' | 1°19' | 1°19' | 1°18' |

Les quatre figures ont les angles respectifs *aa'* et *bb'* à peu près égaux, mais les deux angles *aa'* et *bb'* diffèrent entre eux d'une façon notable. Cette différence est en rapport avec l'allongement des figures dans la direction parallèle à l'intersection *bb'*. Un autre cristal, présentant sur trois faces une seule pyramide, occupant toute la face *p* et orientée comme les précédentes, a fourni les mesures suivantes sur ces faces :

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| *a*:*a*'..... | 2°6' | 2°5' | 1°35' |
| *b*:*b*'..... | 2°3' | 2°12' | 1°21' |

La valeur des angles est encore ici en rapport avec le contour de la base de la pyramide.

L'*analcime* a aussi été étudiée par Scacchi. Les cristaux de l'île de Cyclops ont, sur les faces du cube, une ou plusieurs pyramides vicinales, beaucoup plus surbaissées que dans la fluorine, et en général à faces simples. Leur base est parallèle ou même coïncide avec l'arête $pa^2$ (100) (112). Les faces $a^2$ sont généralement dépourvues de figures en relief.

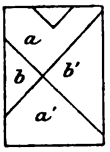
Sur un cristal dont la face du cube portant la pyramide vicinale était un rectangle, j'ai trouvé (*fig.* 18) :

| | |
|---|---|
| *a*:*a*'..... | 0°26' |
| *b*:*b*'..... | 0°42' |

La valeur des angles est en rapport avec la forme rectangulaire de la base de la pyramide.

Les petites pyramides qui se trouvent sur les faces du cube ont des angles plus aigus, comme cela a lieu dans beaucoup de cristaux.

Fig. 18.




La mesure de cinq petites pyramides d'une même face m'a fourni les résultats suivants :

| | I. | II. | III. | IV. | V. |
|---|---|---|---|---|---|
| $a:a'$... | 1°5 | 1°12′ | 1°7′ | 1°9′ | 1°8′ |
| $b:b'$... | 0°56′ | 1°7′ | 1°6′ | 1°12′ | 1°1′ |

Toutes ces figures sont à faces à peu près parallèles comme dans la galène et ont leur contour carré.

Le *nitrate de baryte* montre, sur les faces de l'octaèdre, des figures triangulaires, formées par le courant de concentration, ayant leur sommet tantôt au centre, tantôt sur les bords. Elles sont composées de plusieurs couches limitées par les faces de l'octaèdre, de telle sorte que la pyramide vicinale a des faces formées d'autres facettes tout à fait évidentes. L'accroissement du cristal se fait d'après ces figures sur n'importe quel point de la surface, cependant beaucoup de cristaux ont les faces de l'octaèdre creuses pendant que les arêtes sont très vives. Le courant arrivant sur les arêtes n'a donc pu atteindre le milieu de la face. Les cristaux de cuprite, d'arsénolite, etc. montrent une formation semblable.

Sur le nitrate de plomb on observe le même phénomène. Les pyramides vicinales ne décèlent donc toujours pas la symétrie de la substance, puisque dans les deux nitrates examinés on a trouvé des figures holoédriques.

Le nitrate de baryte montre aussi sur la face *p* un biseau en relation avec l'hémiédrie. Les deux plans sont en zone avec *pp*. C'est la polyédrie dans une seule zone de Scacchi. Les angles varient, d'après les mesures faites sur une vingtaine de faces, de 0°30′ à 3°40′.

Sur des cristaux cubo-octaèdres, avec $a^1$ dominant, produits au fond d'un vase et reposant sur une face *p*, la face opposée à cette dernière et, par conséquent, la plus élevée dans le liquide possédait ces faces vicinales. Ces dernières sont plus ou moins striées, mais quelquefois elles sont dépourvues de stries.

Le *grenat topazolite* porte toujours, sur les faces du dodécaèdre rhomboïdal $b^1$, des pyramides quadrangulaires, dont le centre est sur n'importe quel point de la face. Mallard [1] a constaté le fait et remarqué que l'existence de ces petites facettes était liée à la structure optique des cristaux. On trouve quelquefois deux, trois pyramides et même davantage, toutes ayant la même orientation.

Le grenat topazolite n'est pas le seul à présenter ces facettes. On les trouve aussi sur le grenat *grossulaire d'Ala*. Mais, tandis que dans le grenat topazolite, le dodécaèdre rhomboïdal existe seul, dans le grossulaire, le dodécaèdre peut être associé à d'autres formes à symboles plus compliqués. Les petites pyramides existent seulement sur $b^1$ (110).

Les angles observés sur les faces de trois cristaux sont les suivants (*fig.* 19) :

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| $a : a'$ ..... | 0°36′ | 1°42′ | 0°25′ |
| $b : b'$ ..... | 0°44′ | 1°41′ | 0°20′ |

Les cristaux de grenat almandin ont aussi ces pyramides sur les faces du dodécaèdre et la collection du Muséum possède

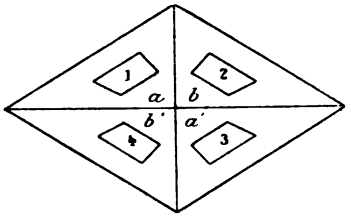
---

[1] E. Mallard, *Annales des Mines*, 7e série, t. X, 1876.

un cristal dont la face $b^1$ est couverte d'une grande quantité de figures en relief ayant la même forme que les pyramides uniques.

Les cristaux de *grenat spessartite* de l'île d'Elbe ont les formes $b^1$ $a^2$ (110) (211) également développées. Sur $b^1$ on trouve

Fig. 19.




une, quelquefois quatre pyramides vicinales à faces parallèles ayant souvent des stries sur les faces. Les pyramides sont placées comme dans le grenat topazolite (*fig.* 19).

La mesure des cristaux a fourni les résultats suivants :

Premier cristal :

| | |
|---|---|
| $a : a'$ ..... | 1° |
| $b : b'$ ..... | 0°46′ |

Deuxième cristal; face $b^1$ couverte par quatre pyramides vicinales :

| | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|
| $a : a'$ ..... | 2°23′ | 2°20′ | 2°22′ | 2°15′ |
| $b : b'$ ..... | 2°24′ | 2°18′ | 2°20′ | 2°14′ |

Dans le premier cristal la pyramide est irrégulière, dans le deuxième les pyramides sont quatre fois plus petites que la face $b^1$. On voit comme précédemment que les angles sont d'autant plus aigus que les figures en relief sont plus petites.

La face $a^2$ (112) est striée parallèlement à sa plus grande longueur, c'est-à-dire à l'arête $a^2 b^1$. Ces stries sont dues à l'inter-

section de deux sortes de faces vicinales *c* et *d*. Des mesures faites sur les différentes faces d'un même cristal ont donné les résultats suivants :

| | | |
|---|---|---|
| I. | *c* : *d* | 2°.13′ |
| II. | » | 3.21 |
| III. | » | 2. 8 |
| IV. | » | 2.13 |
| V. | » | 2.50 |

Sur le deuxième cristal on a :

| | | |
|---|---|---|
| I. | *c* : *d* | 2°. 5′ |
| II. | » | 2.19 |
| III. | » | 6.55 |

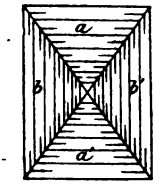
Ces angles varient donc sur la même face.

Les figures de corrosion du grenat spessartite sont assez intéressantes. Un cristal de l'île d'Elbe a été plongé pendant quelques minutes dans l'acide fluorhydrique du commerce bouillant. Les faces $b^1$ se sont recouvertes de petites figures, ayant la forme losangique et dont les côtés sont parallèles à ceux de la face (*fig.* 19, 1, 2, 3, 4). Un examen attentif montre que ces figures sont un peu asymétriques et que le côté tourné vers le centre est plus petit que celui qui lui est opposé et qui est plus près de la base. L'asymétrie de ces figures peut être attribuée à l'obliquité des faces vicinales sur les faces du dodécaèdre rhomboïdal, si l'on considère le cristal de spessartite comme cubique, ou à ce que le grenat est composé de quarante-huit cristaux groupés (Mallard). Sur une face $b^1$ polie de façon que les faces vicinales disparaissent, les figures de corrosion produites dans les mêmes conditions sont presque toujours des losanges sur toute la surface polie, cependant elles sont quelquefois asymétriques, mais la division en secteurs correspondant aux faces vicinales n'est pas évidente.

*Système quadratique.*

Les cristaux de wulfénite de l'Arizona sont aplatis suivant la base *p* (001) et cette dernière est presque toujours surmontée d'une pyramide ayant la même forme que celle de la fluorine. Comme celles de ce minéral, elle rappelle les pyramides du sel marin. Son sommet est souvent au centre et, dans beaucoup de cas, il est placé au point où d'autres cristaux de wulfénite coupent la base, comme cela a lieu dans la fluorine de Gersdorf. Des cristaux ont aussi plusieurs de ces pyramides. La valeur des angles des faces opposées de la pyramide dépend, comme dans l'analcime et dans les autres cristaux cubiques examinés, de la base. Si la base est carrée ces angles sont égaux, et inégaux si la base est un rectangle.

Fig. 20.




L'angle le plus faible correspond aux faces dont la base est plus petite que celle des deux autres.

J'ai mesuré beaucoup de cristaux, voici quelques-unes des valeurs des angles trouvés (*fig.* 20).

Premier cristal :

| | |
|---|---|
| *a* : *a'* ..... | 1°10' |
| *b* : *b'* ..... | 1°30' |

Deuxième cristal :

| | |
|---|---|
| *a* : *a'* ..... | 3°23' |
| *b* : *b'* ..... | 4°9' |

Le troisième cristal comprend plusieurs pyramides dont les faces paraissent tout à fait planes :

$a : a'$ ..... 0°37'
$b : b'$ ..... 1°20'

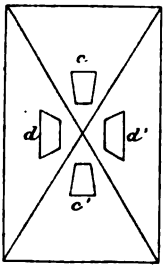
Ici dans cette espèce l'angle est très variable d'un échantillon à l'autre.

L'*idocrase* montre assez fréquemment des pyramides vicinales sur les faces *p* (001) et sur les faces du prisme (100). Prendel [1] a figuré celles de l'idocrase de Wiloui. Celles de la base sont tout à fait brillantes et très aplaties. Ici encore la valeur des angles opposés de la pyramide est en relation avec la forme de la base. J'ai observé sur un cristal du Vésuve :

$a : a'$ ..... 0°10'
$b : b'$ ..... 0°19'

Sur les faces du protoprisme la pyramide est aussi quadrangulaire et les bases de ses faces correspondent respectivement

Fig. 21.




aux arêtes $pm^1$ et $mh^1$. Les faces sont recouvertes d'autres figures en relief très petites, de telle sorte que les faces ne sont pas très brillantes (*fig.* 21). Cependant les angles peuvent être mesurés assez exactement et l'on a :

$c : c'$ ..... 0°45'
$d : d'$ ..... 1°14'

[1] PRENDEL, *Abh. neuruss. naturforsch. Ges.* Odessa, t. XII, 1887.

Dans ce cristal, allongé suivant l'axe vertical, les faces *c* et *d* n'étant pas de même nature, la différence des angles ne peut être attribuée, comme dans les cristaux cubiques ou sur les faces de la base du système tétragonal, aux dimensions relatives des côtés du rectangle. Sur un autre cristal, dans lequel la face *m* était un carré à peu près parfait, les angles ont été trouvés :

| | |
|---|---|
| *c* : *c'* ..... | 1°2' |
| *d* : *d'* ..... | 1°8' |

La forme du contour paraît donc encore intervenir.

Sur le cristal (*fig.* 21) des figures en relief, à contour géométrique régulier, couvrent la pyramide vicinale qui a été mesurée. Ces figures en relief sont ici intéressantes, car elles montrent bien l'influence de l'obliquité des faces sur la forme des figures. Sur chaque facette de la pyramide ces éléments ont une forme différente et symétrique (*fig.* schématique 21).

Les faces du prisme et de la base sont aussi couvertes de figures en relief quadrangulaires et limitées par *p* ou *m* et sur leurs bords par une face cristallographique simple.

La *cassitérite*, comme je l'ai indiqué plus haut, montre fréquemment des figures dont le contour est tout à fait irrégulier; ses cristaux présentent aussi, sur les faces du prisme, des pyramides très surbaissées et ayant pour base la face ou une partie de cette dernière. Dans ce cas il peut exister plusieurs pyramides vicinales. Toutes celles que j'ai observées étaient très aplaties et, en général, à faces très brillantes. Les résultats des mesures goniométriques sont les suivants (*cc' dd'* ont la même signification que dans la figure 21) :

| | |
|---|---|
| *c* : *c'* ..... | 0°25' |
| *d* : *d'* ..... | 0°30' |

Les cristaux de cassitérite de Schlaggenwald portent sur les faces *m* (110) des figures en relief quadrangulaires, dont la

symétrie est celle de la face. L'angle des faces de ces pyramides est de 3° à 4°. Comme elles n'étaient pas planes, dans les échantillons que j'ai eus à ma disposition, une mesure précise n'a pu être faite.

Les cristaux d'*anatase* du Brésil sont très souvent des pyramides vicinales sur les faces de la base *p* (001). Le sommet de la pyramide n'est pas toujours au centre et la valeur des angles, comme dans le cas précédent, dépend du contour de la pyramide. Quand l'une des faces est très peu développée, le sommet de la pyramide étant près du bord, elle est fréquemment striée.

Les pyramides sont très surbaissées, comme l'indiquent les valeurs suivantes (*aa' bb'* ont la même signification que dans la figure 20) :

| | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|
| *a* : *a'*..... | 0°20' | 0°24' | 0°18' | 0°22' |
| *b* : *b'*..... | 0°25' | 0°27' | 0°19' | 0°25' |

*Système rhomboédrique.*

Sur les faces du *fer oligiste* se trouvent assez souvent des figures en relief. Les plus remarquables peut-être sont celles qui existent sur la base. Elles ont des formes tout à fait régulières. M. Lacroix (1) les a signalées et décrites. L'oligiste de l'île d'Elbe a été étudié pour les faces vicinales par Websky.

Les pyramides qui sont sur *p* sont limitées par des faces striées. Deux sont en zone avec $pe_3$ et font un angle très petit avec la grande face portant la pyramide.

La valeur des angles varie de 0°5' à 1°5'.

Ces figures sont identiques comme forme apparente à celles qui se trouvent sur l'axinite.

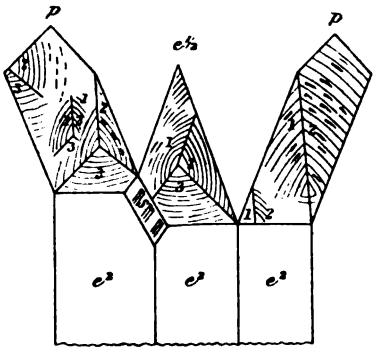
---

(1) A. Lacroix, *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. III, p. 1901.

Toutes les faces de la calcite sont presque toujours couvertes de petites figures vicinales, dont la symétrie est celle de la substance. Le but de ce travail n'étant pas de faire une description de ces pyramides, mais de chercher la cause des faces vicinales, j'ai laissé de côté celles de la calcite, dont la description m'aurait entraîné beaucoup trop loin.

Le *quartz* est tout à fait remarquable par l'abondance des figures qui couvrent ses faces (1). Nous avons déjà vu que les cristaux à faces simples, c'est-à-dire s'étant formés rapidement, avaient des figures irrégulières; les cristaux transparents, semblant parfaits en apparence, ont généralement les faces des rhomboèdres $p$ et $e^{\frac{1}{2}}$ couvertes de ces figures régulières, qui sont petites, les unes sur les autres, et quelquefois aussi

Fig. 22.




très grandes, atteignant parfois $1^{cm},5$. Elles sont alors en petit nombre (*fig.* 22). Sur la même face elles sont toujours très régulières; les arêtes de la pyramide, qui est ici trian-

(1) Voir les descriptions des accidents qui se trouvent sur les faces des cristaux de quartz, dans les deux Mémoires de FRIEDRICH SCHARFF, *Uber der Quarz* (*Abh. der Senckenb. Naturf. Gesellsc.* Frankfurt A. M., vol. III, 1859 et vol. IX, 1874).

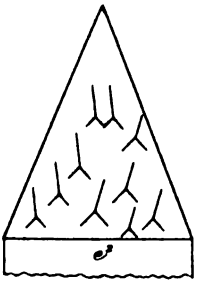
gulaire, sont parallèles les unes aux autres et les faces sont aussi à peu près parallèles, comme l'indique la mesure des angles de ces pyramides, mesure qui ne peut être faite que si les figures sont assez grandes. Pour faire plus commodément ces déterminations, les cristaux étant trop grands pour être mesurés au goniomètre, j'ai fait tailler des plaques parallèlement aux faces $p$ et $e^{\frac{1}{2}}$. Sur l'un des cristaux j'ai trouvé (voir *fig.* 22 pour la signification des chiffres 1, 2, 3) :

| | Figures | | |
|---|---|---|---|
| | I. | II. | III. |
| | ° ′ | ° ′ | ° ′ |
| 1 : 2..... | 0.55 | 0.36 | 0.50 |
| 2 : 3..... | 0.43 | 0.39 | 0.40 |
| 3 : 1..... | 0.57 | 0.47 | 0.52 |

Les différences sont en somme appréciables, mais beaucoup plus petites que dans la plupart des cristaux examinés jusqu'ici.

La mesure des angles plans faite par les arêtes de ces pyramides triangulaires avec l'arête $pe^{\frac{1}{2}}$ a fourni les résultats suivants qui ne sont pas aussi précis que les précédents, les

Fig. 23.




mesures ayant été faites avec le microscope en amenant la coïncidence des arêtes avec le fil du réticule. Comme ces arêtes

ne sont pas visibles au microscope, je les ai tracées à l'encre. Les résultats des mesures sont les suivants :

Angle plan arête $pe^{\frac{1}{}}$ : arête 12 = 40°

| | |
|---|---|
| 12 : 23 | 151° |
| 23 : 12 | 136 |
| 23 : 13 | 72 |

Sur un cristal dans lequel la figure était très régulière et couvrait toute la face, j'ai observé pour les angles dièdres :

| | |
|---|---|
| 1 : 2 | 0°.9 |
| 2 : 3 | 0.4 |
| 3 : 1 | 0.7 |

J'ai observé sur trois cristaux, dans lesquels on n'observait que les parties 1 et 3 qui couvraient toute la face, les angles suivants :

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| 1 : 3 | 0°19′ | 0°21′ | 0°15′ |

Dans trois cristaux l'arête 23 faisait avec l'arête $pe^{\frac{1}{2}}$ un angle de 2° ou 3° seulement. Quelquefois l'angle 1 : 3 est petit par rapport aux deux autres et alors la figure est tout à fait irrégulière. J'ai observé sur trois cristaux :

| | I. | | |
|---|---|---|---|
| 1 : 2 | 0°.24′ | 0°.17′ | 0°.30′ |
| 2 : 3 | 0.23 | 0.15 | 0.29 |
| 1 : 3 | 0.2 | 0.2 | 0.4 |

Les figures en relief du quartz sont fort intéressantes, car elles permettent, comme les figures de corrosion du cristal, en l'absence des faces rhombes et des faces plagièdres, de reconnaître si l'on a affaire à un cristal droit ou gauche et aussi les macles (*fig.* 23). Les figures qui se trouvent sur *p* sont dirigées ou plutôt leur arête 12 vers la gauche du cristal

ou légèrement à droite suivant que le cristal est droit ou gauche.

La mesure des angles a montré que, sur la même face, il y avait quelquefois des variations assez grandes avec les figures, cependant ces dernières ont les arêtes à peu près parallèles. Les mesures ne sont pas toujours très exactes, les facettes des pyramides en relief étant souvent arrondies. En outre, ces facettes sont fréquemment striées, surtout la face 3, et les stries sont courbes et ont leur concavité dirigée vers le sommet de la pyramide (*fig.* 22). Cette structure indique que la matière est arrivée par le sommet de la figure en relief et s'est de là répandue sur les trois faces vicinales.

Les petites figures en relief, situées sur les faces du prisme $e^2$, sont souvent irrégulières, mais les cristaux de Herkimer montrent assez fréquemment des figures, dont la forme est en relation avec la symétrie du cristal, de telle sorte qu'elles permettent de distinguer, encore plus facilement que celles des faces de la pyramide, si un cristal de quartz est droit ou gauche. Dans un cristal de quartz orienté de telle façon qu'étant placé verticalement la face *p* soit vis-

Fig. 24.

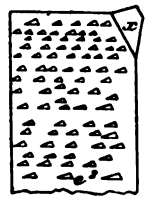
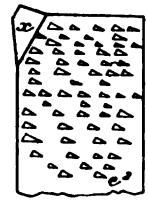



Fig. 25.




à-vis de l'observateur, les figures qui ont la forme d'un triangle scalène ont le petit côté tourné à droite (*fig.* 24), dans un quartz droit, et à gauche dans un cristal gauche (*fig.* 25). Le plus grand côté du triangle est horizontal et le sommet

opposé à ce dernier est vers la face *p*. Les figures ci-jointes sont plus explicites qu'une plus longue description.

Ces pyramides en relief sont très petites et il ne m'a pas

Fig. 26.

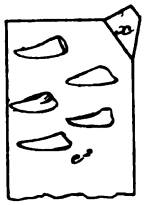
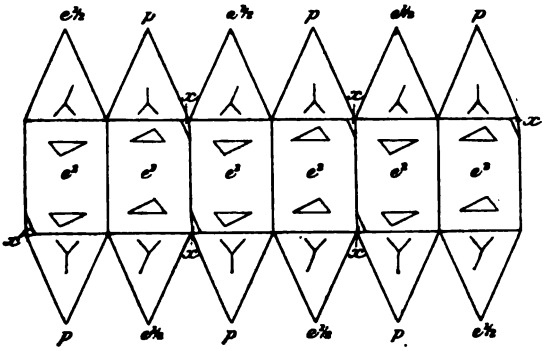



Fig. 27.

été possible de mesurer l'angle de leurs trois faces. Il est aussi à remarquer qu'elles ont une forme inverse des figures de corrosion naturelles. Elles n'ont pas toujours des contours très réguliers, bien que leur forme indique cependant la symétrie du quartz (*fig.* 26 quartz droit et 27 quartz gauche).

On voit donc qu'il suffit d'une partie seulement de la face du prisme $e^2$ d'un cristal pour reconnaître si un cristal est droit

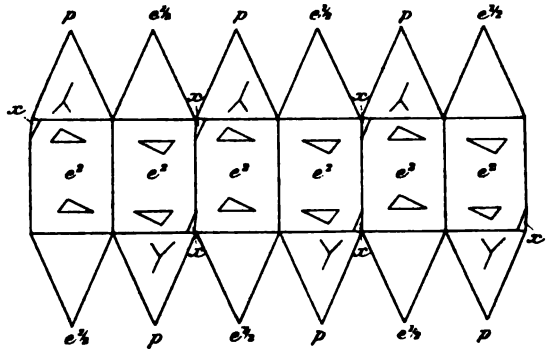
Fig. 28.




ou gauche. Avec un peu d'exercice, on peut arriver à ce résultat avec des figures encore beaucoup moins bonnes que celles qui sont représentées figures 26 et 27.

Les figures schématiques 28, qui représente un cristal

Fig. 29.



droit, et 29, qui représente un cristal gauche, résument les

Fig. 30.

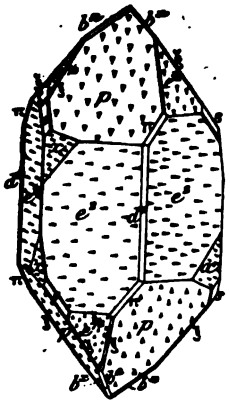
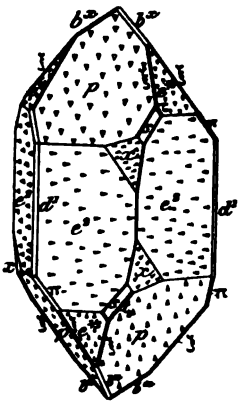


Fig. 31.



propriétés des figures en relief du quartz.

Les figures 30 et 31, extraites de la *Minéralogie de la France* de M. Lacroix (t. III, p. 36, *fig.* 12 et 13) montrant les figures

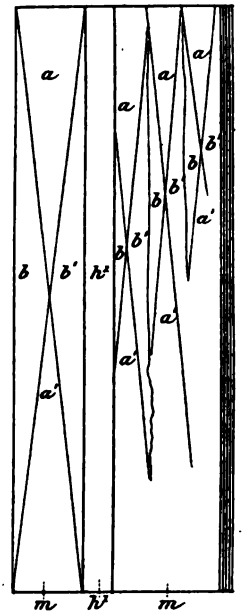
de corrosion naturelle du quartz, d'après Molengraaf, et comparées aux figures 24 à 29, ont été mises ici pour indiquer la différence existant entre les figures en relief et en creux.

La face rhombe *s* et les faces plagièdres du quartz ont souvent des figures en relief. M. Lacroix [1] en a décrit et figuré de très belles sur les faces.

*Système hexagonal.*

L'apatite a des pyramides vicinales sur la base *p* et sur les faces *m* du prisme. Les faces de la pyramide située sur la

Fig. 32.




base (0001) sont dans la zone *mp*. Quelquefois plusieurs pyramides se trouvent sur le même individu. Elles sont très

[1] A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, t. III, 1er fasc., 1901, p. 36.

aplaties et les angles formés par deux faces opposées *aa'*, *bb'*, *cc'* sont les suivants :

| | I. | II. |
|---|---|---|
| *aa'* | 0°.22 | 0°.18 |
| *bb'* | 0.21 | 0.17 |
| *cc'* | 0.23 | 0.18 |

La face *p* n'est pas toujours simple; elle a une ou deux grandes faces vicinales. Dans un cas, j'ai trouvé que l'angle avec le plan *p* était de 10'.

Les cristaux d'apatite de Jumilla présentent presque toujours des pyramides vicinales sur les faces *m*, les autres faces en sont dépourvues; il en a été ainsi sur tous les cristaux que j'ai examinés. La pyramide est formée par quatre faces ayant le sommet vers le centre de la face et pour bases les arêtes *pm* et *mp*. Ces faces vicinales sont brillantes et ne présentent aucune strie apparente (*fig.* 32).

La mesure des angles a fourni les résultats suivants :

Premier cristal, quatre faces observées, les deux autres étant mauvaises.

| | Pyramides | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I. | II. | III. | IV. |
| *aa'* | 0°.12' | 0°.10' | 0°.9' | 0°.13' |
| *bb'* | 1°.30' | 1°.22' | 1°.17' | 1°.31' |

Le cristal était très allongé suivant l'axe vertical et les angles de la pyramide semblent dépendre de cet allongement.

Deuxième cristal :

| | Première face. | |
|---|---|---|
| *aa'* | 0°.15' | 0°.13' |
| *bb'* | 1°.25' | 1°.22' |

La même face porte quelquefois plusieurs pyramides distinctes les unes des autres ou s'enchevêtrant plus ou moins. Il arrive aussi que deux facettes seulement existent. Elles sont

placées comme l'indique la figure 32. Dans quelques cas une partie de la face $m$ adjacente à la face $h^1$ est pourvue de stries extrêmement fines, parallèles à l'arête $mh^1$. Je n'ai pas observé de pyramides sur cette partie ainsi striée.

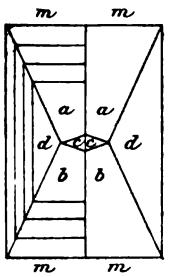
Les figures de corrosion produites sur l'apatite n'ont pas mis en évidence les différentes faces de la pyramide, elles font avec $m$ un angle trop aigu. Aussi, elles sont identiques sur toute la face.

Sur la pyromorphite je n'ai pas vu de pyramides vicinales; il est vrai que je n'ai pu observer qu'un assez petit nombre de cristaux.

*Système rhombique.*

La *topaze* m'a fourni des faits assez intéressants. Les cristaux que j'ai étudiés proviennent de Deseret, Utah. Ces cristaux ont été déjà décrits par W. Cross (1) et par H.-N. Alling (2), qui ont signalé les formes $b^{\frac{3}{4}}$ (223), $b^{\frac{1}{2}}$ (111), $b^{\frac{1}{4}}$ (221), $b^{\frac{1}{8}}$ (441), $p$ (001), $m$ (110), $g^1$ (010), $g^3$ (120), $a^{\frac{1}{2}}$ (201), $e^2$ (021), $e^{\frac{1}{4}}$ (041).

Fig. 33.



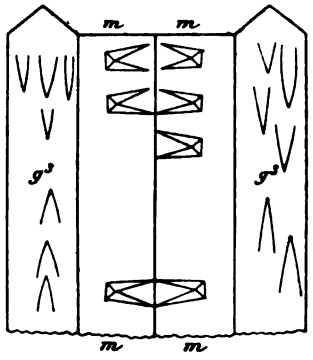

Les différentes faces sont souvent couvertes (les faces $m$ le

(1) W. Cross, *Amer. Journ. of Sc.*, t. XXXI, 1886, p. 432.
(2) Alling, *Amer. Journ. of Sc.*, t. XXXIII, 1887, p. 146.

sont presque toujours) de petites pyramides dont la forme est en rapport avec la symétrie de la face. Sur les faces *m* de la topaze de San-Luis Potosi, M. Pelikan [1] a signalé ces figures auxquelles il attribue le caractère de sous-individus. Je vais passer en revue celles qui se trouvent sur les différentes faces.

Celles de la face *m* sont les plus instructives. Elles sont formées par une pyramide quadrangulaire (*fig.* 33), les deux faces *cd* sont dans la zone *mm*, les deux autres *ab* dans la zone *mp*; mais, dans la plupart des cas, ces figures en relief sont légèrement irrégulières et, comme l'irrégularité est la même sur tout le cristal, on est amené à penser que la topaze est une substance qui n'est pas holoédrique (*fig.* 34). Ces figures sont plus ou moins grandes suivant les individus,

Fig. 34.




tantôt leurs faces paraissent tout à fait lisses (*fig.* 33, pyramide droite), tantôt elles présentent des stries parallèles à leur base (*fig.* 33, pyramide gauche).

Comme celles du quartz, ces figures paraissent être tout

(1) A. Pelikan, *Tschermak's Mittheilungen*, t. XI, p. 331-348.

à fait régulières et être toutes identiques les unes aux autres, aussi je vais donner un tableau d'angles beaucoup plus complet que pour les autres espèces, afin de fixer les idées sur la variation des angles de ces figures.

Premier cristal (même face *m*) :

| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* : *b*..... | 0°14′ | | 0°14′ | 0°21′ | 0°18′ | 0°14′ |
| *c* : *d*..... | 1°4′ | 1°6′ | 0°55′ | 0°55′ | | |

Deuxième cristal (I et II appartiennent à une face *m*, III et IV à une autre) :

| | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|
| *a* : *b*..... | 0°20′ | 0°13′ | 0°20′ | 0°18 |
| *c* : *d*..... | 1°16′ | 1° | 1°8′ | 1°6′ |

Troisième cristal (figures de la même face) :

| | I. | II. | III. | IV. | V. |
|---|---|---|---|---|---|
| *a* : *b*..... | 0°13′ | 0°15′ | 0°14′ | 0°13′ | 0°23′ |
| *c* : *d* ..... | 1°2′ | 0°57′ | 0°59′ | 1° | 0°58′ |

Quatrième cristal :

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| *a* : *b*..... | 0°12′ | 0°19′ | 0°15′ |
| *c* : *d*..... | 1° | 1°8′ | 1°5′ |

Les grandes figures couvrant toute la face *m* ou, du moins, tenant toute sa largeur, ont fourni les angles suivants; la face *d* est la plus nettement striée, *c* ne l'étant presque jamais, aussi les mesures laissent à désirer :

| | I. | II. |
|---|---|---|
| *c* : *d*..... | 1° | 0°54′ |
| *a* : *b*..... | 1°6′ | |
| *a* : *d* ..... | 0°6′ | |

Malgré la divergence des nombres, il y a une certaine con-

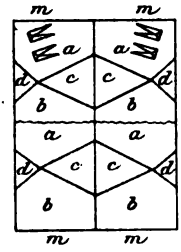
stance des angles; les mêmes valeurs se retrouvent même fréquemment.

J'ai dit plus haut que dans presque tous les cristaux les figures étaient asymétriques. En outre, celles d'une face *m* sont symétriques de celles de la face voisine. Tout tend donc à montrer que la topaze est bien hémimorphe. Un examen plus attentif montre que l'asymétrie peut être attribuée à une tout autre cause.

La face *m* est couverte quelquefois d'une très grande pyramide l'enveloppant entièrement (*fig.* 33) ou de deux (*fig.* 35).

Une de ces dernières porte elle-même de petites pyramides (*fig.* 35). J'ai observé un échantillon qui montre bien l'influence

Fig. 35.




des faces vicinales sur les figures en relief ou les figures de corrosion. En effet, les figures couvrant, dans l'échantillon considéré, les faces de la pyramide *a* sont asymétriques comme aussi celle de la face *b*; mais chacune des deux faces est symétrique à l'autre par rapport à un plan transversal (*fig.* 34 et 35). La face *d* est striée et ne porte pas de figure pas plus que *c*.

Comme l'a indiqué M. Pelikan, les topazes de San-Luis Potosi ont souvent des petites pyramides en relief. Elles sont un peu différentes de celles de Deseret, ne sont pas asymétriques comme ces dernières et sont toujours couvertes de stries

parallèles aux arêtes *mm* et *mp*. Presque toujours elles sont tronquées au sommet par un plan parallèle à *m*. Elles semblent montrer que les faces de la pyramide vicinale ne sont que des faces résultantes et indiquent bien l'influence des courants de concentration.

J'ai trouvé pour les angles (valeur moyenne) :

| | |
|---|---|
| *a* : *b* | 0°45′ |
| *c* : *d* | 2°40′ |

Quelquefois la pyramide est tronquée près de sa base, la figure prend la forme tabulaire. Une figure avec de bonnes faces m'a donné les résultats suivants :

| | |
|---|---|
| *a* : *b* | 1°45′ |
| *b* : *c* | 2°9′ |
| *a* : *c* | 3°54′ |

La face tronquant la pyramide est parallèle à *m*.

Les deux autres facettes n'ont pu être mesurées sur aucun échantillon.

La topaze de Durango montre aussi des figures semblables.

Les faces $g^3$ (Deseret) sont couvertes de ces figures, mais leur forme est beaucoup moins nette et souvent elles sont tout à fait arrondies. Dans quelques cas elles sont asymétriques et semblent prouver comme les figures de la face *m* l'hémimorphie de la topaze (*fig.* 34).

La face $b^{\frac{1}{4}}$ (221) est presque toujours partagée en deux, trois parties et quelquefois davantage.

Elle présente rarement des stries et chaque partie de la face donne des images très nettes, à l'exception des bandes étroites.

Les faces sont en zone avec $mb^{\frac{1}{2}}$. On observe les deux types suivants :

La face $b^{\frac{1}{2}}$ ne comprend que deux parties 1, 2 qui ne forment pas d'angle rentrant (*fig.* 36, ligne à gauche).

La face est formée par plus de deux bandes et alors il y a une alternance d'angles rentrants avec des angles en relief.

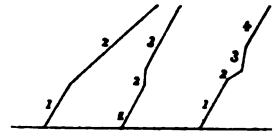
Voici quelques-uns des angles mesurés :

*Cristaux avec deux faces seulement.*

| | I. | II. | III. | IV. | V. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 : 2..... | 1° | 1°20′ | 1°23′ | 1°26′ | 1°29′ |

Les cristaux suivants sont plus complexes, mais les profils

Fig. 36.




ci-contre suffisamment explicatifs pour la compréhension de la structure de la face (*fig.* 36, ligne du milieu et de droite).

*Cristal* (*fig.* A).

| | |
|---|---|
| 1 : 2..... | 1°.25′ |
| 2 : 3..... | 0. 5 |
| 3 : 4..... | 0.30 |

*Cristal* (*fig.* B).

| | |
|---|---|
| 1 : 2..... | 1°.15′ |
| 2 : 3..... | 0.36 |
| 3 : 4..... | 0.16 |

*Cristal* (*fig.* C).

| | |
|---|---|
| 1 : 2..... | 1°23′ |
| 2 : 3..... | 1°23′ |

*Cristal* (*fig.* D).

| | |
|---|---|
| 1 : 2 | 0°28 |
| 2 : 3 | 0°36′ |

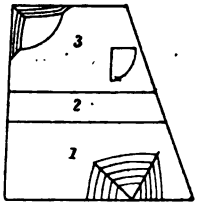
*Cristal* (*fig.* E).

| | |
|---|---|
| 1 : 2 | 0°45′ |
| 2 : 3 | 0°44′ |

Souvent les deux faces ont un développement inégal, la face 1 étant beaucoup plus petite que l'autre.

L'une d'elles correspond-elle à $b^{\frac{1}{4}}$ (221) et alors laquelle? Il n'est pas facile de mesurer exactement l'angle $b^{\frac{1}{4}}m$, $m$ étant

Fig. 37.




presque toujours couvert de faces vicinales. La mesure qui me paraît plus exacte est $pb^{\frac{1}{4}}$.

J'ai obtenu les résultats suivants avec des cristaux à faces 1 et 2 :

| | I. | II. | III. | IV. | V. |
|---|---|---|---|---|---|
| $pb_1^{\frac{1}{4}}$ | 64°57′ | 65°10′ | 64°55′ | 65° 4′ | 65°14′ |
| $pb_2^{\frac{1}{4}}$ | 63°53′ | 63°54′ | 63°52′ | 63°51′ | 63°52′ |

D'autres cristaux dans lesquels la face $b^{\frac{1}{4}}$ était simple ont été mesurés :

| | I. | II. | III. | IV. | V. |
|---|---|---|---|---|---|
| $pb^{\frac{1}{4}}$ | 63°58′ | 63°57′ | 63°54′ | 63°53′ | 63°56′ |

La base $p$ (001) porte des pyramides quadrangulaires. L'existence de ces dernières dans la topaze de Deseret n'est pas fréquente comme sur les faces $m$ ou $g^3$ du prisme. Elles sont formées par quatre facettes en zone avec $p\overset{1}{b}^2$, souvent ces dernières sont arrondies et l'on trouve tous les passages, entre les pyramides régulières à faces planes, et les figures en relief paraissant être des segments d'ellipsoïde dont la symétrie correspond cependant à celle de la base (*fig.* 38, 1, 2, 3).

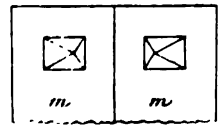
La collection de Minéralogie du Muséum possède un bel

Fig. 38.

échantillon de topaze bleue de l'Oural dont la base est couverte de ces figures elliptiques.

Les faces $e^1$ et $a^1$ sont souvent en creux. La cavité est parfois assez régulière; mais ses parois étant arrondies aucune

Fig. 39.




mesure n'est possible. Dans un cas favorable j'ai observé sur $e^1$ qui était couvert de trois faces vicinales en relief :

| | |
|---|---|
| 1 : 2 ..... | 0°18′ |
| 2 : 3 ..... | 0°21′ |

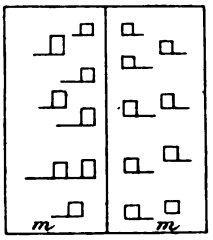
1, 2, 3 désignant les faces en partant du sommet.

Les faces $\overset{1}{b}^2$ sont aussi souvent creuses et la symétrie de 1.

cavité ne correspond pas toujours à celle du cristal; elle est sans forme régulière.

Les figures de corrosion de la topaze de Durango ont été étudiées surtout par M. Pelikan. La topaze de Deseret montre des

Fig. 40.




figures identiques dont la forme est inverse de celle des petites figures en relief (*fig.* 39). Parfois elles paraissent prouver l'hémimorphie de la topaze (*fig.* 40), mais l'asymétrie

Fig. 41.

est due aux faces vicinales. La figure 41 montre une figure de corrosion sur $a^1$.

*Système monoclinique.*

Sur les faces *p* de l'orthose adulaire du Saint-Gothard se trouvent des petites pyramides, dont les faces sont arrondies, mais qui montrent cependant qu'elles sont identiques à celles

qui ont été décrites sur les cristaux des substances étudiées jusqu'ici.

Les faces *m* (110) montrent aussi des figures en relief dont le contour est un parallélogramme. Les faces de la pyramide sont couvertes de stries sur les échantillons que j'ai eus en main et aucune mesure n'a été possible.

La sphène montre sur $h^1$ des figures quadrangulaires avec des stries nombreuses parallèles. Certaines parties donnent cependant de bonnes images.

1 : 2. varie de 1 à 4°

La face *m* a aussi de petites figures en relief à angles un peu arrondis, mais dont la symétrie est d'accord avec celle de cette face.

Sur les faces *m* du diopside se trouvent quelquefois une ou plusieurs pyramides vicinales quadrangulaires à faces bien planes. La mesure des angles a donné :

| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 : 3..... | 0°40′ | 0°38′ | 0°41′ | 0°39′ | 0°50′ | 0°48′ |
| 4 : 2..... | 0°33′ | 0°31′ | 0°35′ | 0°34′ | 0°32′ | 0°37′ |

1 et 3 désignent les 2 faces supérieure et inférieure dans la zone *pm*, et 2, 4, celles qui sont dans la zone *mm*.

La valeur des angles est en rapport avec la symétrie de la face sur laquelle se trouvent les pyramides vicinales. Les angles ne sont pas rigoureusement égaux, mais ils sont toujours dans le même ordre de grandeur.

Le sulfate de nickel ammoniacal présente quelques faits intéressants. Sur les faces *m* (110) se trouvent souvent des figures quadrangulaires, en relief, à faces striées. D'autres faces, *p*, $e^1$, présentent, au contraire, des creux irréguliers. Nous voyons donc encore ici les deux sortes de faces : les unes attirant les courants de diffusion et les autres n'ayant pas d'action

sur ces derniers. L'accroissement se fait alors pour les arêtes seulement.

*Système triclinique.*

Les faces des cristaux tricliniques présentent fréquemment des faces vicinales appartenant à une et quelquefois à deux zones.

Les faces de l'axinite montrent des figures en relief très fréquentes. La face *m* présente des figures à deux facettes, 1, 2, plus ou moins striées, se coupant parallèlement à l'arête *mt* et ces dernières sont coupées du côté de l'arête *mp* par un biseau, 3.

On a :

| | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|
| 3 : 2..... | 1°35′ | 1°40′ | 1°37′ | 1° |
| 1 : 2..... | 0°59′ | 0°57′ | 1° | 0°40′ |

L'axinite possède, en outre, sur les autres faces des figures qu'on ne peut mesurer, mais qui montrent bien par leur forme qu'à la fin de la cristallisation, la substance était en trop petite quantité pour recouvrir toutes les faces. Il y a parfois des creux sur les faces $h^1$, la matière ne s'étant déposée que sur les arêtes $mh^1$ et $th^1$.

On trouve sur de bonnes faces $h^1$

| | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|
| $h^1_1 : h^1_2$..... | 1°20′ | 1°10′ | 1°15′ | 1°19′ |

RELATION DES PYRAMIDES VICINALES AVEC LES ANOMALIES OPTIQUES.

Mallard (1) a montré que, dans le grenat topazolite, les pyramides biréfringentes avaient pour base une facette vicinale et leur sommet au centre du cristal. M. R. Brauns (2) a aussi observé, sur l'alun, que les anomalies optiques étaient en relation avec les faces vicinales. Max Schuster a, au contraire,

(1) Mallard, *Ann. des Mines*, 1876, t. X.
(2) R. Brauns, *Opt. Anom.*, 1891, p. 232.

observé que les faces vicinales n'influencent pas les propriétés optiques des cristaux de danburite. M. Wallerant ([1]) a décrit la structure optique des pyramides de la fluorine de Weardale. Il a trouvé qu'elles avaient les mêmes caractères que les zones des pyramides internes : tantôt elles sont isotropes, tantôt biaxes et orientées de même. La seule différence entre la pyramide interne et la pyramide externe consiste en ce que la seconde est formée d'un nombre de couches beaucoup moins élevé ; ce qui est tout naturel puisqu'elle correspond à une période de diminution dans l'activité cristallisante du milieu.

M. Franco ([2]) n'a pas trouvé de relation entre les pyramides vicinales de l'idocrase et la biaxité anomale de cette substance.

Les faces vicinales paraissent, par conséquent, être dues, les unes, comme celles des grenats, à ce que le cristal est formé par des cristaux de symétrie inférieure à celle de l'ensemble, les autres à des courants de concentration. Il reste à délimiter à quelle catégorie appartiennent celles des différentes substances.

Des observations que j'ai faites sur les nitrates de baryte et de plomb, il résulte que, dans presque tous les cas, les faces vicinales agissent sur les propriétés optiques de ces substances. Le cristal portant ces faces est formé de pyramides biréfringentes ayant pour base une face vicinale et leur sommet au centre. Si les faces vicinales disparaissent, les propriétés optiques des parties nouvelles qui se déposent sont en relation avec le nouveau contour du cristal, c'est-à-dire qu'aux trois pyramides correspondant à la face de l'octaèdre fait suite une couche ayant partout la même orientation

---

([1]) F. Wallerant, *ce Bulletin*, t. XXI, 1898, p. 71.
([2]) Franco, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XX, 1892, p. 616.

optique. S'il en est ainsi pour tous les corps cubiques possédant des anomalies optiques, l'examen des propriétés optiques permettrait de voir quel était le contour du cristal pendant la formation.

J'ai dit plus haut que les pyramides vicinales modifiaient la division du cristal en secteurs biréfringents, mais elles ne sont pas liées à l'existence même des anomalies optiques. Elles existent en effet dans des cristaux de nitrate de plomb et de nitrate de baryte monoréfringents.

Becke a constaté que les anomalies optiques sont liées à la présence des faces vicinales et, d'après cet auteur, ce sont les matières étrangères provoquant les anomalies optiques qui doivent amener l'apparition des faces vicinales.

## CONCLUSIONS.

Nous venons de voir que les figures polyédriques se rencontrent sur beaucoup de substances appartenant à tous les systèmes cristallins et, comme l'existence des faces vicinales est liée seulement à des conditions de cristallisation, elles doivent exister chez toutes, comme l'a déjà dit A. Scacchi. Il est à remarquer que, si les pyramides vicinales peuvent se trouver sur plusieurs formes, comme dans la topaze, en général elles existent sur certaines faces seulement. Ainsi, dans les grenats, elles se trouvent surtout sur les faces du dodécaèdre rhomboïdal. En général les figures en relief sont placées sur les faces à symboles simples, comme l'indique le Tableau suivant :

| | Faces. |
|---|---|
| Galène, fluorine, analcime..... | cube |
| Nitrate de baryte, nitrate de plomb. | octaèdre |
| Grenat..... | dodécaèdre et $a^2$ |
| Wulfénite..... | base $p$ |
| Idocrase, anatase..... | $p$ et $m$ |
| Cassitérite..... | $m$ |

| | Faces. |
|---|---|
| Quartz | $pe^{\frac{1}{2}}e^{2}s$ |
| Apatite | $p$ et $m$ |
| Topaze | $mpg^{3}b^{\frac{1}{4}}$ |
| Sphène, pyroxène | $h^{1}m$ |

Les faces simples, qui se produisent quand la cristallisation est rapide, à l'exclusion des facettes secondaires, semblent donc devenir, à la fin de la formation du cristal, c'est-à-dire au moment où l'apport de matière est très faible, des centres d'attraction plus actifs que les autres faces. Mais comme les faces ou pyramides vicinales sont, en somme, assez rares sur les cristaux, il est probable que ce n'est pas à l'épuisement de matière seul qu'il faut attribuer leur origine, puisque ce dernier se produit toujours. Il me paraît probable que les pyramides vicinales prennent naissance dans le cas où il y a un dépôt rapide de la substance en dissolution par suite d'une cause quelconque, les courants de concentration, ainsi produits, étant cependant trop faibles pour couvrir les faces ayant atteint certaines dimensions. Cela expliquerait pourquoi il n'y a pas de pyramides vicinales sur les petites faces. la matière qui arrive sur ces dernières pouvant se répartir sur toute la face.

Les faces vicinales du nitrate de baryte, de la topaze, de la wulfénite, du sulfate de nickel ammoniacal, toutes celles qui sont formées par une série de facettes en escalier, montrent bien qu'elles sont dues à ce que sur la face du cristal portant les pyramides vicinales des couches successives sont déposées en diminuant graduellement d'étendue. C'est l'explication qui a été donnée par M. Beckenkamp, qui considère ces couches comme formées d'une ou de plusieurs épaisseurs de molécules, mais qui ne fait pas intervenir les courants, dont M. G. Wulff et moi avons montré l'importance dans la formation des cristaux. L'influence de ces derniers explique pour-

quoi les angles n'ont pas des valeurs constantes et, en outre, pourquoi, sur les faces du cube et de la base des cristaux quadratiques, la valeur des deux angles du sommet de la pyramide est en relation avec le contour. Si dans la plupart des cristaux ces angles sont variables d'un échantillon à l'autre, dans quelques cas, les faces peuvent paraître des faces ordinaires comme celles du diamant, qui sont, à l'exception de l'octaèdre $a^1$, des faces vicinales. Il est vrai que ces dernières sont souvent arrondies. Les faces octaédriques des cristaux de fluorine, composés de petits cubes, sont aussi des faces vicinales. Elles ne peuvent pas être mesurées avec précision, cependant la mesure des angles, faite avec le goniomètre d'application, montre des différences suffisantes pour indiquer l'irrégularité. Les cubo-octaèdres de nitrate de plomb formés de petits cristaux, ayant les formes $pa^1b^1$ et les cristaux octaédriques d'alun, composés d'autres cristaux beaucoup plus petits, montrent aussi de petites différences dans la valeur des angles.

Dans quelques échantillons, les faces vicinales sont tout à fait planes et ne montrent pas de structure en escalier comme celles qui viennent d'être considérées. On peut faire deux hypothèses : 1° admettre que les couches sont infiniment minces et qu'elles diminuent régulièrement d'étendue, comme dans la théorie des décroissements d'Haüy ; 2° supposer que les faces se produisent sous l'action d'une force résultant de celle due à la cristallisation et de celle qui a son origine dans les courants de concentration. Telle est l'hypothèse de M. G. Wulff. Comme ces sortes de faces ne sont pas toujours planes, qu'elles présentent des stries et des accidents montrant qu'elles se sont formées comme celles qui sont évidemment en escalier, il me semble que l'origine de toutes est la même, c'est-à-dire qu'elles sont dues à ce que le cristal s'est formé par une série de couches qui n'ont pas couvert toute la face

portant les pyramides vicinales. Elles dépendent naturellement de l'intensité des courants, de la nature et de l'étendue de la face, et il est à remarquer que, en général, plus elles sont petites, plus elles sont en relief. Mais les actions capillaires agissant entre les faces du cristal et le liquide doivent aussi intervenir dans la formation des faces vicinales et il doit se passer ce qui arrive dans la production des cristaux ordinaires, c'est-à-dire qu'elles sont sans action sur les dépôts formés rapidement, mais qu'elles agissent quand les couches se déposèrent plus lentement pour donner des faces rigoureusement planes. Dans le premier cas, il se produit les figures irrégulières, étudiées page 15, et les pyramides vicinales à faces striées, telles que celles de la fluorine, de la wulfénite, etc. Dans le second, ce sont des figures à faces planes comme celles de l'apatite de Jumilla, du quartz de Herkimer, etc. C'est probablement aussi à ces actions capillaires qu'il faut attribuer la régularité des angles de certaines faces vicinales, constatée par plusieurs auteurs et mentionnée dans la partie historique de cet article.

Les pyramides vicinales montrent la symétrie de la substance au même titre que les figures de corrosion ; le fait est nettement indiqué avec le quartz.

---

## Examen de plusieurs minéraux au point de vue de leur radioactivité ;

Par M. F. Pisani.

A la suite des belles découvertes de M. Becquerel et de M. et Mme Curie, sur la radioactivité de certains corps contenus dans la pechblende, j'ai entrepris, il y a environ 3 ans, une étude sur plusieurs minéraux, afin de voir si, en effet, cette propriété n'existait que pour ceux contenant de l'urane ou du thorium, ou bien si d'autres, ne contenant aucun de ces

corps, ne pourraient produire des effets analogues. Mon but a été surtout de chercher, dans ces propriétés radioactives de certains minéraux, un procédé pratique de reconnaissance à ajouter aux autres moyens physiques, employés en Minéralogie, pour distinguer certaines espèces les unes des autres. En plus, étant donnée la radioactivité de corps comme l'uranium et le thorium, on aurait ainsi un moyen qualitatif de reconnaître d'avance, avant le contrôle chimique, la présence ou l'absence de ces corps.

Le procédé que j'ai employé est la méthode photographique, qui consiste à impressionner une plaque sensible sur laquelle on place un petit disque de métal, plomb ou autre, percé d'une ouverture triangulaire au centre. L'exposition variait de 1 heure à 24 heures suivant les cas. Quand, après le développement, l'image est faible, on l'examine préférablement en plaçant la petite plaque à 45° environ devant une feuille de papier blanc, éclairée par un bec de gaz, ou bien en regardant dans le ciel quand il est couvert.

Voici quels sont les divers minéraux que j'ai examinés :

*Silicates.*

| | | |
|---|---|---|
| Gadolinite (Ytterby) | 0 | 24 heures |
| » (Fahlun) (Th, 1 p. 100). | faib. marqué | 24 » |
| Cérérite | 0 | 12 » |
| Tritomite (Th, 9 pour 100) | faib. marqué | 2 » |
| Steenstrupine (Th, 7 pour 100) | » | 2 » |
| Auerlite (4 petits crist.) (Th, 70 p. 100). | assez marqué | 24 » |
| Thorite (petit cristal) | bien marqué | 20 » |
| Thorite brune | faib. marqué | 1 h. 30 m. |
| Orangite (Ur) | bien marqué | 24 heures |
| » ($1^{cm^3}$) | » | 2 » |
| » » | assez marqué | 30 minutes |
| Allanite (Amherst Co) (Th, 1 p. 100). | assez marqué | 24 heures |
| Orthite brune (crist.) (Th, 1 pour 100). | faib. marqué | 24 » |
| » noire | 0 | 24 » |
| Uralorthite | 0 | 24 » |

*Silicates.*

| | | |
|---|---|---|
| Pyrorthite | 0 | 24 heures |
| Epidote | 0 | 24 » |
| Homilite (Th?) | assez marqué | 24 » |
| Topaze (Brésil) | 0 | 24 » |
| Rubellite | 0 | 24 » |
| Émeraude verte | 0 | 20 » |
| Beryl jaune | 0 | 24 » |
| Leucophane | 0 | 24 » |
| Melinophane | faib. marqué | 24 » |
| Chondrodite | 0 | 24 » |
| Agricolite (Bi) | faib. marqué | 24 » |
| Catapleite | assez marqué | 24 » |
| Eudyalite | 0 | 24 » |
| Sphène (Grisons) | 0 | 24 » |
| Tschefkinite (Ét.-Unis) (Th, 2 p. 100). | bien marqué | 24 » |
| Mosandrite (Th, 0,3 pour 100) | faib. marqué | 24 » |

*Carbonates.*

| | | |
|---|---|---|
| Barytocalcite | 0 | 12 heures |
| Alstonite | 0 | 12 » |
| Bismuthite | 0 | 12 » |

*Tantalates. — Niobates.*

| | | |
|---|---|---|
| Yttrotantale noir (Ur, 1,5 pour 100). | bien marqué | 24 heures |
| Hjelmite (Ur, 4,8 pour 100) | assez marqué | 24 » |
| Fergusonite (Ytterby) (Ur, 1 à 3 p. 100). | faib. marqué | 24 » |
| Tyrite (Ur, 5 pour 100) | faib. marqué | 24 » |
| Niobite (Bavière) | 0 | 24 » |
| » (Chanteloube) | 0 | 24 » |
| Annerodite (Moss) (Ur, 16 pour 100) (Th, 2 pour 100) | faib. marqué | 24 heures |
| Euxénite (Norv.) (Ur, 4 à 12 p. 100). | bien marqué | 12 h. à 24 h. |
| Aeschynite (petits cristal.) (Th, 15 p. 100) | assez marqué | 30 minutes |
| » » | bien marqué | 1 h. 30 m. |
| » » | très marqué | 24 heures |
| Wuckite noire (Ur, 10 pour 100) | bien marqué | 48 heures |
| » jaune | bien marqué | 48 » |
| Samarskite (Ur, 4 à 12 pour 100) | bien marqué | 12 » |

*Tungstates. — Molybdates. — Vanadates.*

| | | |
|---|---|---|
| Wolfram | 0 | 1 h. 30 m. |
| Mélinose | 0 | » |
| Cupro-Descloizite | 0 | » |

*Tellurures.*

| | | |
|---|---|---|
| Tétradymite | 0 | 24 heures |

*Arséniates.*

| | | |
|---|---|---|
| Trögerite (Ur) | bien marqué | 12 heures |
| Zeunérite (Ur) | » | 12 » |
| Mixite (Bi) | » | 12 » |

*Phosphates.*

| | | |
|---|---|---|
| Apatite (Canada) | 0 | 24 heures |
| Phosphorite (Espagne) | faib. marqué | 24 » |
| Xénotime (Th, 3 pour 100) | assez marqué | 24 » |
| Monazite (Moss) (Th, 4,5 pour 100). | bien marqué | 24 » |
| Turnérite (Grisons) sur gangue | assez marqué | 24 » |
| » (3 petits crist.) | » | 45 minutes |
| » » | faib. marqué | 10 » |
| Korarfveite (Th, 8 pour 100) | bien marqué | 24 heures |
| Uranite (Autun) | » | 24 » |
| Uranocircite (Ur, Ba) | » | 12 » |
| Sable de monazite (Brésil) (Th. 8 p. 100) | bien marqué | 24 » |

*Sulfures. — Sulfates.*

| | | |
|---|---|---|
| Bismuthine (3 échantillons) | 0 | 15 heures |
| Blende jaune (Santander) | 0 | 24 » |
| Wurtzite (25) | faib. marqué | 24 » |
| Barytine (3 échantillons) | 0 | 12 h. à 12 h. |

*Fluorures.*

| | | |
|---|---|---|
| Fluorine verte (États-Unis)..... | faib. marqué | 1 heure |
| » ..... | bien marqué | 24 heures |
| » rose (Saint-Gothard)..... | assez marqué | 1 heure |
| » violette (Cumberland)..... | bien marqué | 1 » |
| » incolore..... | 0 | 48 » |
| Chlorophane..... | faib. marqué | 48 » |

*Oxydes.*

| | | |
|---|---|---|
| Alexandrite..... | 0 | 24 heures |
| Péchurane..... | bien marqué | 6 h. à 12 h. |
| » pur..... | assez marqué | 1 heure |
| Clévéite sur gangue..... | bien marqué | 12 heures |
| Psilomélane (Thuringe)..... | 0 | 16 » |
| » (Romanèche)..... | 0 | 16 » |
| Lithiophorite..... | 0 | 12 » |

En présence de ces divers résultats on constate que, à part les fluorines colorées dont l'action n'est due qu'à leur propriété de fluorescence, ou bien à la présence de matières organiques, presque tous les autres minéraux radioactifs contiennent soit de l'uranium [1], soit du thorium, ou bien les deux.

Dans la turnérite, analysée par moi il y a bien longtemps, sur une quantité *très petite,* et que j'avais reconnue être une monazite, il est probable qu'il y a aussi du thorium comme dans les autres monazites; à cette époque, je n'avais point de procédé pour déceler de petites quantités de ce corps.

Un point, cependant, reste douteux : c'est à savoir si de faibles quantités de thorium ou d'urane, 1 à 3 pour 100 comme

---

[1] Toutes les fois que j'indique comme entrant dans la composition du minéral Th ou Ur, il s'agit des oxydes de ces métaux.

l'indiquent les analyses pour quelques-uns des minéraux que j'ai examinés, suffisent pour leur donner une action si marquée, ou bien s'il faut supposer qu'ils contiennent un des nouveaux corps radioactifs découverts par M. et Mme Curie.

---

## Essai de mesure de l'activité photographique de certains minéraux;

Par M. G. Bardet.

La notoriété donnée récemment aux recherches de MM. Becquerel et Curie ayant beaucoup excité l'attention sur le parti qu'on pourrait tirer de leurs découvertes, on s'est préoccupé de déterminer le pouvoir radioactif des minéraux, et comme le dit fort bien M. Pisani, dans le travail qu'il vient de fournir et qui nous donne des renseignements aussi nombreux qu'intéressants, la radioactivité peut aujourd'hui contribuer à fournir des caractères nouveaux dans la détermination de certaines espèces.

Connaissant les essais de notre distingué collègue, qui a bien voulu me tenir au courant de ses expériences, j'ai essayé de fixer par un chiffre l'activité photographique de ces corps. Je m'empresse de dire que le procédé Curie, par l'action électrique, est infiniment plus rapide et plus sûr, mais il exige une installation compliquée. L'action sur une plaque photographique, au contraire, peut s'obtenir sans matériel, et, d'autre part, il ne faut pas oublier que l'action actinique n'est pas forcément fonction de l'action électrique; or, comme j'ai entrepris les essais suivants dans le but de me préparer à des essais physiologiques des matières radioactives, comme l'action physiologique est fonction de l'action actinique sur les plaques, je me trouvais naturellement porté

à me servir de la photographie de préférence à l'action électrique. Enfin, le procédé photographique a l'avantage assez sérieux de laisser un témoin de l'action du minéral essayé. Mais, pour arriver à un résultat pratique dans la recherche des matières premières, il est nécessaire de pouvoir mesurer l'action.

Pour l'instant, et en attendant des perfectionnements nécessaires, j'ai imaginé une méthode photométrique qui a tout au moins l'avantage d'être simple et assez exacte dans la pratique.

Je fais poser sur des plaques Lumière violettes, c'est-à-dire extra-sensibles pour gagner du temps, enveloppées de deux feuilles de papier noir, un diaphragme de cuivre percé d'un trou de 1cm de large sur lequel on place les minéraux à essayer. La pose est la même pour tous, le développement est le même, soit 10 minutes (temps supérieur au maximum d'action), dans un révélateur énergique (métaquinone et formosulfite). J'obtiens ainsi des images aussi comparables que possible, sous la forme d'un disque plus ou moins foncé se détachant bien sur la plaque blanche.

Cette image est placée sur une vitre dépolie, puis, après m'être entouré de toile noire, je place sur le dépôt d'argent un photomètre formé d'épaisseurs croissantes de papier transparent, c'est-à-dire analogue au photomètre banal de Decoudun bien connu des photographes. Naturellement, moins mon image est dense et plus je suis obligé de placer d'épaisseurs, en faisant tourner mon photomètre jusqu'à ce que les trois trous du viseur disparaissent. Quelque primitive qu'elle soit, cette méthode m'a permis de me faire une opinion sur l'activité de certains minéraux.

Voici les chiffres obtenus par une pose de 48 heures. Je donne au minéral le plus actif, c'est-à-dire la péchurane ou pechblende, le coefficient 100. Eu égard du coefficient, j'ai

placé la teneur moyenne en principes uraniques et thoriques, d'après les analyses connues, mais sans oublier que ces analyses types ne préjugent en rien la composition réelle du minéral essayé :

| | Pouvoir radiographique. | Composé uranique pour 100. | Composé thorique pour 100. | Composés mét. rares. |
|---|---|---|---|---|
| Pechblende..... | 100 | 80 | » | » |
| Uranophane..... | 75 | 60 | » | » |
| Uranite..... | 75 | 60 | » | » |
| Uranolite..... | 60 | 65 | » | » |
| Uranocircite..... | 50 | 55 | » | » |
| Æschinite (?)..... | 30 | » | 15 | 24 |
| Euxénite..... | 25 | 5 à 12 | 6 | » |
| Samarskite..... | 25 | 10 | » | 18 |
| Johannite (douteux).. | 20 | 67 | » | » |
| Xénotime..... | 20 | 1 à 3 | » | 58 |
| Nitrate de thorium... | 15 | » | 100 | » |
| Thorite..... | 10 | 2 à 8 | 60 | » |
| Xénotime..... | 10 | 1 à 3 | » | 58 |
| Yttrotantale..... | 5 | 2 | » | » |
| Cérite..... | 5 | » | » | 60 |
| Xénotime..... | 5 | 1 à 3 | » | 58 |
| Polycrase..... | 2 | 7 | » | 40 |
| Orthite..... | 1 | » | 1 | 20 |
| Fergussonite (douteux)..... | 0 | 2 | » | 32 |
| Pyrochlore (douteux). | 0 | tr. | 5 à 8 | 7 |
| Orthite..... | 0 | » | 1 | 20 |
| Æschynite..... | 0 | » | 15 | 24 |

La première remarque qui s'impose à l'examen du précédent Tableau, c'est que les types différents des minéraux essayés présentent des actions fort variables et ensuite qu'à part des exceptions rares les minéraux actifs contiennent tous de l'urane. La seule exception importante est l'échantillon d'æschynite qui donne le coefficient élevé 30, mais c'est un

corps à analyser et il n'est pas impossible que ce soit en réalité de l'euxénite. Au contraire un échantillon du même minéral, bien déterminé et ne contenant que du thorium, s'est montré inactif. J'avoue que je serais assez tenté d'attribuer à l'existence de traces de principe uranique l'activité des sels de thorium.

En terminant, je ferai deux ou trois observations que m'ont suggérées mes expériences. La masse de matière n'a aucune valeur, car l'émission semble se faire en surface : prenez un morceau de pechblende de $600^g$, il agira moins fortement que $2^g$ de pechblende en poudre. Je recommanderais donc de réduire en poudre le minéral à essayer, quand il s'agit de matière massive.

D'autre part, il est important, dans ces essais, de faire des poses courtes quand les minéraux sont très actifs. Le Tableau précédent a été obtenu avec une pose de 48 heures, mais désormais je suis décidé à poser moins quand la chose est possible, car une image faible se mesure mieux qu'une image trop dense; de plus, avec les composés uraniques riches, l'activité peut être dépassée par une pose trop longue et alors les mesures sont fausses. Par exemple pour la pechblende il suffit de 2 heures pour avoir une impression dense et bien mesurable. Il suffira ensuite de tenir compte du temps dans l'établissement du coefficient.

J'insiste sur le peu de précision des premiers essais que j'ai faits; j'espère avoir l'occasion de revenir sur cette question et d'apporter alors des faits un peu mieux établis.

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1904. — BULLETIN N° 2.

## Compte rendu de la séance du 11 février 1904.

PRÉSIDENCE DE M. DUFET.

M. DE GRAMONT remercie la Société de l'honneur qu'elle lui a fait en l'appelant à la vice-présidence.

M. MARCEL BRONGNIART fait une Communication sur une barytine de Patagonie.

M. TERMIER présente des échantillons de bournonite et de pyromorphite provenant des mines d'Ally (Haute-Loire).

M. le PRÉSIDENT rappelle que dans sa séance du 10 décembre 1903 la Société de Minéralogie avait nommé une Commission, chargée de lui présenter un rapport sur le Certificat de Minéralogie. M. le Président lit ce rapport qui est adopté à l'unanimité.

*Dans sa séance du 10 décembre 1903, la Société française de Minéralogie a décidé de présenter son avis motivé sur l'obligation du Certificat de Minéralogie dans la Licence ès sciences physiques et a nommé une Commission composée de MM. Dufet, Lacroix, Wallerant, Wyrouboff, chargée de lui présenter un Rapport résumant les opinions qui avaient été émises. Elle adresse ce Rapport, dont elle a approuvé les termes, aux pouvoirs compétents.*

« Au moment où l'on discute la réforme de l'agrégation qui entraîne nécessairement la réforme des programmes de licence, la Société française de Minéralogie croit de son devoir de venir défendre les intérêts de la Science au nom de laquelle elle s'est constituée.

» Elle appelle d'abord l'attention sur ce fait indéniable que les études minéralogiques, qui sont nées en France et qui y ont acquis leur caractère scientifique, déclinent rapidement depuis quelques années, soit qu'on se place au point de vue de la description des espèces, soit qu'on envisage les formes cristallines ou les propriétés des milieux cristallins. Il n'est pas difficile de montrer cependant que sous ce double aspect la Minéralogie a une importance capitale pour tous ceux qui se livrent à l'étude des sciences naturelles ou physiques. En tant que science descriptive elle fait corps avec la Pétrographie qui a pris une si grande place dans l'étude de la croûte terrestre : elle en est le point de départ et le guide le plus sûr. En tant que science rationnelle recherchant les lois géométriques et physiques qui régissent les milieux doués de symétrie, elle vient se placer à côté de la Physique classique qui, sauf de rares exceptions, n'examine que les corps isotropes.

» Si l'on voulait être conséquent et se mettre au niveau de nos connaissances actuelles, il faudrait partager la Minéra-

logie, telle qu'elle est enseignée encore en vertu d'idées qui n'ont plus aucune raison d'être, en deux fractions distinctes, l'une se rangeant à côté des sciences naturelles, l'autre se confondant avec les sciences physiques. Nous ne nous dissimulons pas cependant la difficulté d'une semblable réforme, allant à l'encontre de toutes les habitudes prises et de toutes les traditions acceptées. Nous n'en parlons que comme d'un objectif éloigné auquel il faudra tendre et qui sera certainement réalisé un jour.

» Nous ne voulons parler aujourd'hui que d'une question dont la solution est facile, puisqu'elle se réduit à revenir à un ordre de choses qui a existé pendant longtemps et a donné d'excellents résultats. La plus grosse part de la Minéralogie revient aux sciences physico-chimiques, c'est par ce côté qu'elle peut être considérée après les travaux de Haüy, de Delafosse, de Bravais, de Mallard, de Sohnke, de Shonflies, comme science aussi rationnelle que n'importe quelle autre branche du savoir humain.

» Envisagée sous ce rapport, elle est un complément indispensable de la Physique, puisqu'il s'agit des mêmes propriétés que celles qu'étudient les physiciens, avec une condition particulière en plus : celle de la symétrie. Tant qu'on a cru que cette symétrie ne s'appliquait qu'aux facettes cristallines, la cristallographie pouvait être considérée comme l'étude d'un phénomène très spécial, mais nous savons aujourd'hui qu'elle existe tout aussi bien dans des corps n'ayant aucune forme géométrique extérieure, qu'elle ne se manifeste parfois que par des propriétés physiques de lumière, de chaleur, d'électricité, qui exigent les plus délicates observations. Nous n'avons donc plus aucun droit de la considérer comme inutile ou accessoire et il ne serait pas difficile de montrer, par des exemples, avec quelle facilité les modernes théories de la cristallographie, entendue dans le

sens le plus large du mot, permettent de résoudre des problèmes devant lesquels les physiciens se déclarent impuissants.

» Mais il est un autre côté de la question qu'il importe de rappeler. La cristallographie la plus élémentaire permet de déterminer les formes cristallines, elle donne le moyen de trouver une des constantes les plus caractéristiques des corps. Elle est donc éminemment utile aux chimistes pour l'identification des innombrables composés qu'ils préparent tous les jours. Cela est si vrai que tous les anciens chimistes connaissaient la pratique cristallographique dont les chimistes de la nouvelle génération ont perdu jusqu'au souvenir, car ils se contentent de mettre à contribution les quelques rares cristallographes qui existent encore en France.

» Nous devons faire remarquer enfin que la Minéralogie, aussi bien par son côté descriptif que par sa partie théorique, devient de plus en plus indispensable aux industriels et spécialement aux métallurgistes qui ont besoin d'une connaissance exacte des minerais qu'ils emploient, des formes cristallines que les métaux ou leurs alliages peuvent revêtir et des transformations que ces formes subissent aux diverses températures.

» Ce déplorable état de choses tient en grande partie à ce que les programmes universitaires ont fait de la Minéralogie une sorte de hors-d'œuvre qui n'est obligatoire pour personne.

» La réforme de la licence physique, qui rendait le troisième certificat facultatif, a été une rétrogradation manifeste nuisible à la fois à la Physique qu'elle privait d'un complément indispensable, à la Chimie à laquelle elle enlevait un précieux instrument d'investigation, à la Minéralogie qu'elle supprimait sinon en théorie du moins en pratique.

» Ces quelques considérations suffisent pour légitimer le vœu qu'exprime la Société française de Minéralogie, celui de

voir le certificat de minéralogie redevenir obligatoire pour la licence physique et par conséquent aussi pour l'agrégation de physique.

» Ce n'est qu'ainsi que pourra se créer petit à petit une école qui reprendra les traditions à peu près perdues de la Minéralogie française et luttera avantageusement avec les nombreuses et florissantes écoles qui existent dans plusieurs pays étrangers.

» En formulant ce desideratum, la Société française de Minéralogie ne croit nuire à aucun intérêt scientifique bien entendu; elle pense au contraire contribuer au progrès de l'enseignement des sciences physico-chimiques. »

A. Lacroix,
Ancien Président
de la Société minéralogique,
Membre de l'Institut,
Professeur au Muséum.

H. Dufet,
Président de la Société minéralogique,
Maître de Conférences
à l'École Normale supérieure.

G. Wyrouboff,
Ancien Président
de la Société minéralogique,
Professeur au Collège de France.

F. Wallerant,
Ancien Président
de la Société minéralogique,
Professeur à la Faculté
des Sciences de Paris.

## Note sur une barytine de Patagonie;

Par M. Marcel Brongniart.

Au cours d'une mission récente en Patagonie, M. Tournouer a rencontré de curieuses agglomérations de cristaux de barytine au milieu de l'argile des couches à Notostylops de Coli-Huapi [1] : cette formation est sans doute d'âge oligocène.

Les échantillons que j'ai étudiés sont globulaires, tantôt assez réguliers, ou bien irréguliers et entourant alors parfois des dents de mammifères; leurs dimensions varient de $1^{cm}$ à $15^{cm}$. Ils sont formés par la réunion de cristaux aplatis suivant la base *p*, lenticulaires et ne présentant pas de faces distinctes. Ces cristaux ont une tendance à se disposer parallèlement les uns aux autres, un peu à la manière de la barytine crétée, mais ils s'enchevêtrent parfois d'une manière quelconque, donnant alors aux agglomérations un aspect très semblable à celles que forme le gypse des sables du Sud-Algérien.

D'autres échantillons sont constitués par des cristaux plus petits, enchevêtrés aussi, mais ayant des formes plus nettes. Ces cristaux sont aplatis suivant la base *p*, également développés dans le sens des axes *a* et *b* et présentant des faces peu développées des zones $ph^1$ et $pg^1$. Le cristal s'est formé en deux temps; une zone centrale est limpide et terminée par les faces *p* et *m*; elle est bordée par une zone extérieure opaque et d'un blanc laiteux. Sur des cristaux très petits provenant de cavités intérieures de ces agrégats cristallins, j'ai pu reconnaître, en outre de la face *p*(001), la forme $a^1$(104) formant un biseau géné-

[1] A. Tournouer, *Note sur la Géologie et la Paléontologie de la Patagonie* (*Bulletin de la Société géologique de France*, 4e série, t. III, p. 463).

ralement brillant, ainsi que $e^1$(011) peu développée mais nette; il existe, dans la même zone $pg^1$, une autre forme plus importante mais terne et corrodée, moins inclinée sur $p$; enfin, j'ai observé, dans la zone $p\,m$, de très petites facettes non mesurables.

Tandis que la célestine se rencontre fréquemment au milieu de terrains sédimentaires, la barytine, au contraire, y est relativement rare. C'est pourquoi j'ai cru bon de signaler ce gisement surtout en raison de son âge récent qui est sensiblement le même que celui de la célestine des marnes vertes oligocènes des environs de Paris.

## Minéraux nouveaux.

**Bakerite.** — Ce minéral se trouve en veines et en nodules de dimensions considérables dans la mine de Borax Consolidated Company Limited, située dans Mohaver Desert, à 60 miles nord-est de Daggett (San Bernardino C°, Californie). Il se présente en masses blanches, amorphes, ressemblant à de la porcelaine ou plutôt à la pandermite de Sultan Tchair (Asie Mineure); cependant sur certains points la couleur est verdâtre.

La densité est de 2,73 et la dureté 4,5.

L'analyse a donné les résultats suivants :

| | Min. blanc. | Min. verdâtre. |
|---|---|---|
| $B^2O^3$ ..... | 27.74 | 26.85 |
| CaO..... | 34.88 | 35.22 |
| $SiO^2$ ..... | 28.43 | 28,05 |
| $H^2O$..... | 8,30 | 8,66 |
| $Al^2O^3$, $Fe^2O^3$ .. | 0,63 | 1,22 |
| Total... | 100 | 100 |

La formule $8CaO, 5B^2O^3, 6SiO^2, 6H^2O$ représente cette composition. Ce minéral, qui se rapproche du groupe de la datholite, a été dédié à M. Baker, un des directeurs de la mine où il a été rencontré. (W.-R. Gruss, *Min. Mag.*, vol. XIII, 1903, p. 353.)

**Boothite.** — Ce minéral, dédié à M. E. Booth, de l'Université de Californie, est un sulfate de cuivre répondant à la formule

$CuSO^4, 7H^2O$. Il est monoclinique et est isomorphe avec la mélantérie. Il a été rencontré avec d'autres sulfates produits, comme lui, par l'altération de la chalcopyrite, à Alma Mine, Leona Heights, Alameda C°, Californie (W.-T. SCHALLER, *Bul. Dep. Geol. Univ. California,* vol. III, 1903, p. 207).

*Le Secrétaire, gérant :*

MAURICE BLONDEL.

34644 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1904. — BULLETIN N° 3.


## Compte rendu de la séance du 17 mars 1904.

PRÉSIDENCE DE M. DUFET.

M. LE PRÉSIDENT fait part de la mort de M. *Fouqué*, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France et Membre honoraire de la Société française de Minéralogie. Le discours que M. le Président a prononcé aux funérailles de M. Fouqué, au nom de la Société, sera inséré dans le *Bulletin*.

M. TERMIER présente, au nom de M. *Richard*, une Note sur les propriétés cristallographiques de la bournonite d'Ally (Haute-Loire).

M. MICHEL fait une Communication sur les gisements aurifères de la Mayenne.

## Discours prononcé par M. Dufet aux obsèques de M. Fouqué.

MESSIEURS,

Je n'ai pas à revenir devant vous sur l'exposé des titres scientifiques de celui dont la perte inattendue met aujourd'hui en deuil la Science minéralogique. Des voix plus autorisées que la mienne ont dit ce qu'étaient le savant et l'homme, et je risquerais, en reprenant le même sujet, d'affaiblir l'hommage rendu.

Je viens seulement, au nom de la Société française de Minéralogie, adresser un dernier adieu à l'un de ses fondateurs, à l'un de ceux qui l'ont le plus hautement honorée par leurs travaux. Quand, en 1878, se fonda notre Société, M. Fouqué, déjà professeur au Collège de France, lui apporta le concours de sa science et de son activité. De nombreux Mémoires insérés dans notre *Bulletin* en sont la preuve. Sans vouloir insister sur ce point, on me permettra de citer rapidement, comme se rapportant plus étroitement à la Minéralogie pure, les beaux travaux sur les reproductions d'espèces minérales, faits en collaboration avec M. Michel-Lévy, l'étude de l'anorthose de Terceira, et surtout le grand Mémoire sur les feldspaths des roches volcaniques, qui constitue une des contributions les plus importantes à la connaissance de ce groupe de minéraux.

La Société française de Minéralogie, que M. Fouqué avait présidée en 1883, lui décerna en 1897 le plus grand honneur dont elle dispose, en le choisissant comme membre honoraire en remplacement de Des Cloizeaux. Pendant plus de 25 ans, nous avons vu M. Fouqué assister à nos séances, y montrer, dans les discussions et les conversations entre confrères, son esprit de critique scientifique, l'intérêt qu'il portait à tout ce qui regardait la Minéralogie, et aussi ces sentiments de bienveillance et de bonté, dont beaucoup d'entre nous ont éprouvé, à leurs débuts dans la carrière scientifique, l'influence généreuse et réconfortante.

Aussi est-ce avec une sincère émotion que je me trouve aujourd'hui chargé, au nom des membres de la Société de Minéralogie, de venir exprimer devant ce cercueil les sentiments douloureux qu'ils ressentent. La Science perd sans doute, à cette brusque extinction d'un esprit dont l'âge n'avait pas ralenti l'ardeur, de beaux travaux dont M. Fouqué l'eût encore enrichie, mais de plus tous ceux qui le connaissaient

voient disparaître en lui un modèle d'activité et de probité scientifiques.

Qu'il me soit permis d'adresser aux membres de cette nombreuse famille dont il était le chef respecté, l'hommage attristé de nos sentiments, en y joignant la promesse de conserver pieusement, comme un bel exemple de travail et d'honneur, le souvenir de celui qui n'est plus.

---

## Sur les mines de La Lucette (Mayenne);

Par M. L. Michel.

On exploite, depuis 1898, à La Lucette, commune du Genest, près Laval (Mayenne), un gîte d'antimoine qui présente quelques particularités intéressantes.

Ce gîte est constitué par plusieurs filons de quartz recoupant des schistes et des grès micacés qui appartiennent au silurien supérieur. La direction de ces filons varie entre 15° et 40° N.-E. et leur pendage est voisin de la verticale. Ils affectent l'allure en chapelet : la puissance est de $0^m,15$ à $0^m,20$ dans les serrées et de $0^m,80$ dans les plus grandes dimensions des amas droits.

Le remplissage de ce gîte se compose de stibine, de mispickel, de pyrite de fer, de blende, d'or libre, de quartz, de calcite, de fragments de schiste et de grès micacé. Les minerais dominants sont la stibine et le mispickel : la blende et l'or libre ne s'y montrent qu'en mouches. Le quartz constitue la gangue principale.

La stibine se présente en masses lamellaires, en aiguilles, et parfois en cristaux bien terminés qui rivalisent de grandeur avec ceux du Japon.

Le mispickel est en cristaux relativement petits mais très nets. Ces cristaux sont allongés suivant l'axe vertical et portent

les faces $m$ (110) très développées ainsi que les facettes $e^1$ (011) et $e^2$ (012) assez réduites. Ils sont brillants, d'un gris d'acier : quelques-uns sont recouverts d'une pellicule de pyrite de fer. Ils se distinguent nettement de la plupart des cristaux de mispickel, par leur allongement, leur couleur, l'absence complète de stries, et par leur forte teneur en or.

La pyrite est également aurifère.

Le gîte de La Lucette appartient, comme on le voit, à la formation aurifère quartzeuse antimonieuse.

Les exemples les plus typiques de cette formation nous sont fournis par les célèbres gîtes de Schönberg et de Mileschau (Bohême) et par le gîte non moins célèbre de Majurka (Hongrie). La plupart des filons, rencontrés jusqu'à ce jour dans ces gîtes, sont minéralisés par de la stibine, du mispickel, de la pyrite de fer, de la blende, de la galène, de la chalcopyrite et de l'or libre; les gangues sont le quartz et la calcite; leur structure est massive, mais les parties minéralisées offrent souvent une disposition symétrique, c'est-à-dire que le mispickel se trouve dans les zones des salbandes et la stibine dans le milieu des filons; cette structure caractérise également les filons de La Lucette.

La teneur en or des filons de la Bohême et de la Hongrie, dont l'exploitation remonte au XIVe siècle, a varié entre 300g et 400g par tonne.

Il existe aussi des filons de quartz aurifère antimonieux dans quelques régions situées en dehors de l'Europe et notamment en Australie et dans la chaîne du Murchisson, au Transvaal.

On voit, par ce qui précède, que les filons de La Lucette présentent, au point de vue de leur structure et de leur minéralisation, les plus grandes analogies avec ceux de la Bohême et de la Hongrie.

---

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1904. — BULLETIN N° 4.


## Compte rendu de la séance du 14 avril 1904.

PRÉSIDENCE DE M. WALLERANT.

M. ARSANDAUX présente une Note sur les gîtes aurifères du massif du Khakhadian (Soudan occidental).

M. GAUBERT fait une communication sur les produits de déshydratation de quelques phosphates.

Mme BOUBÉE présente quelques minéraux : de la vandiérite (Sierra Blanca, Colorado) nouveau tellurure d'argent; de la byxbyite (Dugway, Maine); des cristaux de herdérite (Auburn, Maine) et de la powellite.

## Sur les gîtes aurifères du massif du Khakhadian (Soudan occidental);

Par M. H. ARSANDAUX.

Dans une Note récemment parue aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (1), j'ai étudié la constitution géologique du massif du Khakhadian.

Afin de faciliter la compréhension de ce travail, je rappellerai les faits géologiques suivants :

(1) *Comptes rendus*, 5 avril 1904.

« Le massif du Khakhadian est situé au centre du Bambouk, région limitée par le haut Sénégal à l'est, et par la Falémé à l'ouest. Le milieu de ce massif est constitué par des montagnes abruptes de 700m à 800m; des hauteurs de moindre altitude les entourent, affectant la forme de table si fréquente dans l'Afrique occidentale; certaines d'entre elles constituent de véritables plateaux.

» Le revêtement superficiel de toutes ces hauteurs consiste en un épais conglomérat rouge brun, très résistant, de roches quartzeuses cimentées par une argile ferrugineuse. Le même conglomérat s'observe sur les flancs et se prolonge en diminuant graduellement d'épaisseur jusqu'aux parties basses et planes du pays, où il fait place à un limon argileux.

» On voit émerger de ce limon de grandes masses de granite et des affleurements limités de roches éruptives ou sédimentaires plus ou moins feuilletées suivant une direction nord-est sud-ouest. La discontinuité de ces affleurements, toujours constitués par un type pétrographique unique, ne permet pas de démêler les relations stratigraphiques de ces différentes roches les unes avec les autres. Elles peuvent cependant être suivies jusqu'au point où elles disparaissent sous le conglomérat; parfois une érosion locale ou un puits indigène d'exploitation aurifère permettent de retrouver sous celui-ci la roche de la plaine avec tous ses caractères structurels, mais dans un complet état de décomposition latéritique (1). »

Les roches que l'on trouve dans la région que j'envisage sont les suivantes : des quartzites non fossilifères, intacts ou métamorphisés, des porphyrites micacées à andésine, des porphyrites andésitiques à amphibole, des schistes amphibo-

(1) Conformément à la définition adoptée par plusieurs auteurs, j'appelle *latérite* la forme de décomposition des roches feldspathiques (éruptives ou feldspathiques) dans les régions chaudes et humides.

liques, des diabases, des tufs andésitiques, des microgranites et des granites.

« Les observations géologiques que j'ai faites sur ces diverses roches montrent qu'en résumé : cette région africaine est constituée par des roches sédimentaires d'âge indéterminé mais vraisemblablement ancien, renfermant des intercalations de tufs andésitiques d'origine volcanique; elles sont traversées par des roches éruptives de nature variée, et en particulier par du granite qui les a métamorphisées. Toutes ces roches, à l'exception du granite, présentent l'empreinte de puissantes actions mécaniques, à la suite desquelles certaines d'entre elles, les plus basiques, ont été transformées en schistes amphiboliques (1). »

Sur l'emplacement des anciennes mines d'or de Kéniéba, des roches, présentant des affleurements semblables à ceux qui viennent d'être décrits ci-dessus, ont été soumises à des actions dynamiques particulièrement puissantes, elles offrent une schistosité des plus accentuées.

Parmi celles-ci, il convient de considérer spécialement des schistes amphiboliques représentant le terme ultime de la transformation de porphyrites andésitiques à amphibole, et des microgranites.

Les schistes amphiboliques sont chargés de pyrite, à leur voisinage, *et là seulement*, les microgranites en contiennent également. Ces deux roches sont aurifères, l'or qu'elles renferment provient exclusivement de la pyrite.

Au premier stade de latéritisation, ces roches amphibo-

---

(1) Jusqu'à présent les seuls renseignements géologiques concernant cette région sont consignés dans les Notes suivantes : STANISLAS MEUNIER, *Aperçu géologique sur le Bambouk* (*Bull. du Mus. d'Hist. nat.*, n° 2, 1902). — J. ALEX. BOURDARIAT, *Essai de Carte géologique du Bambouk* (*Comptes rendus*, 24 février 1902).

liques et microgranitiques constituent des roches verdâtres ou rougeâtres dont l'aspect ne diffère en rien de celui qu'offrent certains schistes sédimentaires altérés; au dernier stade, elles constituent des argiles à toucher gras dans lesquelles la pyrite n'existe plus qu'à l'état de traces. C'est au milieu de ces produits d'altération des roches pyriteuses que sont situés les restes des anciens travaux exécutés il y a cinquante ans à Kéniéba, par le capitaine Maritz, sur l'initiative du Gouvernement du Sénégal, dans le but de déterminer les conditions d'exploitation de ce gisement.

Les gîtes aurifères que j'ai eu l'occasion de visiter au Bambouck (Kéniéba, Yatella, région de Sadiola, recherches des environs de Guinguilou et de Khakhadian) présentent, à l'exception de celui de Yatella, un certain nombre de caractères communs permettant de les assimiler, au point de vue pétrographique, au gîte de Kéniéba qui vient d'être décrit.

On peut en effet constater que dans les localités énumérées plus haut :

1° Les terres lavables constituent des latérites en place formées sous le conglomérat;

2° Les roches dont proviennent ces latérites présentent toujours des traces manifestes de puissantes actions dynamiques;

3° Ces roches sont constamment des microgranites associés à des roches basiques (ces dernières sont toutes indéterminables par suite de leur altération profonde, ou en raison de modifications locales analogues à celles décrites pour Kéniéba);

4° L'une au moins de ces deux sortes de roches se montre toujours chargée de pyrite aurifère.

J'ai effectué la recherche *qualitative* de l'or dans ces roches pyriteuses en employant la méthode suivante, basée sur la

résistance que présentent les minéraux tels que la pyrite, la marcasite, la pyrrhotine et le mispickel, à l'action de l'acide fluorhydrique :

La roche pyriteuse, finement pulvérisée, est attaquée rapidement par l'acide fluorhydrique ordinaire; le résidu de l'attaque, séparé de la silice gélatineuse formée pendant la réaction, est traité par de l'eau régale jusqu'à dissolution complète.

La dissolution ainsi obtenue, après élimination des produits nitreux, est précipitée par du zinc pur. Le dépôt qui se forme est traité par de l'acide nitrique étendu pour dissoudre le cuivre qui a pu se séparer, lavé, puis redissous dans l'eau régale.

Une fois les produits nitreux chassés, cette dernière liqueur, fortement acidifiée par de l'acide chlorhydrique et chauffée avec de l'étain en grenaille, fournit la réaction de l'or, pour peu que ce métal y soit renfermé en quantité appréciable.

$100^g$ d'un microgranite renfermant 5 pour 1000 de pyrite ayant une teneur en or de $85^g$ à la tonne (soit $42^{\mu},5$ d'or pour les $100^g$ de roche fraîche), traités de cette façon, m'ont fourni une solution donnant très nettement la réaction de l'or.

A Yatella (gisement non compris dans l'ensemble de ceux envisagés plus haut), l'exploitation est abandonnée depuis longtemps, les terres que l'on y lavait étaient également latéritiques; elles provenaient d'un gabbro ophitique ouralitisé, dont je n'ai trouvé que des fragments profondément altérés; ce gabbro ne présente pas de traces d'actions dynamiques, il ne paraît pas être en relation avec des roches microgranitiques ou autres, enfin il ne renferme pas de pyrite.

Tels sont les caractères pétrographiques généraux des divers gîtes aurifères que j'ai visités dans le Bambouk; parmi ceux-ci le gîte de Sadiola, en raison de l'importance des tra-

vaux anciens ou récents que l'on y peut explorer, est le seul qui permette d'étudier le mode de répartition de l'or dans les latérites que les indigènes exploitent.

Ces latérites proviennent principalement d'un microgranite albitique, hololeucocrate, présentant les caractères structurels de l'alsbachite du Mélibocus (Odenwald). Cette roche, profondément fissurée, chargée de pyrite aurifère, est incontestablement en relation avec une roche basique absolument indéterminable.

La formation latéritique exploitée à Sadiola est aurifère sur toute sa puissance, cependant l'or n'est pas uniformément réparti dans sa masse; en effet, la teneur en métal précieux augmente avec la profondeur, et devient maximum à un niveau correspondant à peu près au niveau hydrostatique des environs immédiats des mines ([1]).

Il y a lieu de remarquer que l'or contenu dans ces latérites n'est que partiellement amalgamable; le niveau d'enrichissement maximum en or total et en or amalgamable est le même.

En raison de ce qui précède, il semble possible d'admettre qu'à Sadiola : des microgranites profondément fissurés ont été soumis sous le conglomérat ferrugineux à la décomposition latéritique; au cours de celle-ci, la pyrite aurifère qui les imprégnait fut totalement altérée. L'or, à quelque état qu'il ait été à la suite de ces transformations, a été entraîné par l'eau de ruissellement à travers les interstices rocheux jusqu'au niveau hydrostatique du territoire immédiat des mines; il y a formé par suite de son accumulation une zone d'enrichissement maximum.

---

([1]) Il est difficile de se prononcer d'une façon plus précise à cet égard, le niveau hydrostatique de régions tropicales telles que le Bambou, étant soumis à des variations considérables dans le cours d'une même année, et en particulier pendant la saison sèche.

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1904. — BULLETIN N° 5.


## Compte rendu de la séance du 5 mai 1904.

PRÉSIDENCE DE M. A. DE GRAMONT.

M. le PRÉSIDENT fait part de la mort de M. *Ch. Soret*, professeur à l'Université de Genève.

M. DE GRAMONT présente quelques clichés de spectres de silicates fondus.

## Les roches filoniennes basiques de la région de l'Arbizon (Hautes-Pyrénées);

Par M. DE ROMEU.

Les massifs granitiques des Pyrénées et les terrains paléozoïques avoisinants sont traversés par un très grand nombre de roches filoniennes.

Les unes, appartenant à la famille granitique (pegmatites, microgranulites, aplites), ont été étudiées par de nombreux auteurs. Les autres plus basiques n'ont au contraire fait

l'objet que de courtes descriptions de la part de quelques rares géologues pyrénéens (1); quelques autres les ont brièvement signalées, mais la plupart les ont passées sous silence.

Ces roches sont cependant très abondantes quoique très inégalement réparties entre les différents massifs. Le massif de Néouvielle, situé au sud du Pic du Midi de Bigorre, est sans contredit un des plus riches, en particulier, dans la région du cirque d'Arbizon. Ce gisement a été signalé par M. A. Lacroix (2) et ce sont les échantillons qu'il a bien voulu nous confier et ceux que nous avons recueillis nous-mêmes, qui ont constitué les matériaux de notre étude.

Le pic de Montfaucon, qui surplombe à l'est le cirque de même nom et à l'ouest le cirque d'Arbizon, forme un pointement granitique détaché de la grande masse du granite de Néouvielle. De toute part il est entouré par des schistes et des calcaires, d'âge Dinantien d'après M. A. Bresson (3), qui à son contact présentent les phénomènes de métamorphisme si intenses et les minéraux divers (axinite, idocrase, pyrénéite, etc.) qui ont rendu cette région classique.

Ces sédiments sont sillonnés par des filons de roches éruptives dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à 1m. Peut-être ces filons constituent-ils les cheminées des roches

---

(1) Beaugey, *Étude sur les sources minérales de Cauterets* (*Annales des Mines*, 9e série, t. I, p. 319, Paris, 1892). — A. Lacroix, *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. I, p. 682, Paris, 1893-1895; t. II, p. 191, Paris, 1897; *Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact* (deuxième Memoire) (*Bulletin des Services de la Carte géologique de la France*, p. 43 et 63, Paris, 1900). — H. Rosenbusch, *Mikroskopische Physiographie der Massigen Gesteine*, p. 449. 3e édition, Stuttgard, 1896.

(2) *Les Pyrénées* (*roches cristallines*) (Extrait du *livret-guide* publié par le Comité d'organisation du VIIIe Congrès géologique international, p. 31, Paris, 1900).

(3) *Études sur les formations anciennes des Hautes et Basses-Pyrénées* (*haute chaîne*) (*Bulletin des Services de la Carte géologique de la France*, p. 174, Paris, 1903).

volcaniques? Ne connaissant dans la région ni coulées, ni tufs, il est impossible de nier ou d'affirmer leur venue au jour. Les éboulis qui tapissent le fond du cirque de Montfaucon permettent d'en recueillir avec facilité une très grande abondance d'échantillons. Ces roches varient depuis l'andésite très vitreuse, presque dépourvue de silicate ferromagnésien jusqu'à la diabase ophitique riche en augite, par l'intermédiaire d'une andésite augitique à augite. Mais, quoique l'on observe entre ces deux termes extrêmes tous les passages, soit de structure, soit de composition minéralogique, elles se rangent d'après leur richesse en pyroxène autour de deux types très nets que l'on peut même distinguer macroscopiquement.

### Type A.

A L'ŒIL NU, ce type est constitué par une roche porphyrique à deux temps très tranchés de consolidation où de très nombreux cristaux de feldspath-plagioclase blanc, à cassure brillante, se détachent nettement sur une pâte gris noirâtre compacte.

Quoique ces feldspaths soient assez profondément décomposés comme le montre l'examen microscopique, ils n'ont que très rarement l'aspect cireux de couleur verdâtre; leur cassure miroitante et presque *microtinique* permet souvent d'y constater la présence de la macle de Carlsbad et de la macle de l'albite. Ils sont aplatis suivant $g^1$ (010) et se présentent par suite, en général, en baguettes allongées qui ne dépassent pas $1^{cm}$ de plus grande dimension.

Ils sont accompagnés par de nombreuses mouches de pyrite et par quelques petits cristaux d'augite brun noirâtre arrondis et noyés dans une pâte en général de couleur gris foncé, mais qui cependant peut être un peu plus claire et même dans les types très vitreux incline vers une teinte verdâtre.

Au MICROSCOPE, les roches de ce type présentent une structure microlitique très nette, à deux temps très séparés de cristallisation avec un résidu vitreux.

Les phénocristaux sont très nombreux, très bien développés et présentent le plus souvent des formes propres; ils sont entourés par des microlites très ténus, parfois filiformes, sans direction de fluidalité, qui sont eux-mêmes englobés par un verre plus ou moins abondant suivant les échantillons.

Ce sont les *plagioclases* qui constituent la majeure partie des cristaux du premier temps; ils sont en grands individus, possédant des formes géométriques et allongés en général perpendiculairement à $g^1$ (010).

Ils ne présentent pas le moindre indice de zones concentriques de composition chimique variable et appartiennent à une andésine basique ne dépassant pas une teneur de 40 pour 100 d'anorthite. En effet, d'après les propriétés optiques des sections voisines de la zone perpendiculaire à $g^1$ (010), ils se placent entre les épures stéréographiques V et IV de M. Michel Lévy [1], représentant le labrador à 47 pour 100 d'anorthite et l'andésine à 34 pour 100, très près de ce dernier feldspath.

Quoique montrant presque toujours des traces de décomposition plus ou moins développée, les cristaux de feldspath sont en général assez frais. C'est la décomposition en minéraux phylliteux qui est la plus fréquente; le plus souvent ils sont transformés en muscovite (séricite) qui apparaît en très petites paillettes dans les clivages ou s'étale au contraire en larges plages. Parfois aussi les feldspaths sont mouchetés de calcite.

Dans quelques échantillons très riches en verre, et surtout

---

[1] *Études sur la détermination des feldspaths*, 1er fascicule, Paris, 1894.

au voisinage des parois ou des enclaves calcaires, les individus de feldspath sont brisés en morceaux séparés par des microlites ou de la matière vitreuse. Ces fragments de cristaux ne sont pas contournés; nous ne pouvons donc pas attribuer cette cassure à l'action du dynamométamorphisme s'exerçant sur la roche déjà solidifiée. Selon toute vraisemblance elle est due à la montée du magma très pâteux et à son frottement contre les bords du filon et les enclaves. Ces échantillons représentent une sorte de brèche friction.

*L'augite* est le seul silicate ferro-magnésien du premier temps et elle ne joue dans ce type qu'un rôle tout à fait accessoire. Elle est en cristaux de petite taille, sans formes propres, souvent en grains arrondis comme si elle avait été partiellement digérée par le magma.

Très fréquemment elle présente la macle suivant $h^1$ (100); un échantillon nous a montré la macle unciforme par pénétration suivant $o^1$ (101).

Elle est très limpide, souvent incolore, mais souvent aussi très faiblement teintée en lilas rosé très pâle; elle ne possède pas de polychroïsme appréciable, mais jouit d'une très grande dispersion. En général, elle montre très nettement la structure en sablier. Ces diverses propriétés nous font voir que nous avons affaire à une augite titanifère.

Parfois elle se trouve en contact avec le feldspath et le moule; elle lui est donc postérieure. Ceci nous explique pourquoi l'augite est beaucoup plus fréquente dans les microlites que dans les cristaux du premier temps; la roche a terminé son stade de roche de profondeur avant que les phénocristaux d'augite aient eu le temps de se développer.

L'augite est en général très fraîche et ce n'est que par exception qu'elle présente des indices de décomposition; elle n'est jamais ouralitisée mais parfois partiellement transformée en pennine. Peut-être est-ce dans ce mode de trans-

formations qu'il faut voir l'origine de ces nodules de pennine et de séricite, avec parfois un centre de calcite, qui parsèment toutes les préparations de ces roches de l'Arbizon.

La *plyrite* est très abondante, en très petits individus, et ne manque dans aucun des échantillons.

Au deuxième temps ce sont encore les *feldspaths* qui fournissent l'élément prépondérant. Ils appartiennent à deux générations distinctes. Les uns d'assez grande taille, allongés en général suivant $pg^1$ (001) (010) mais ayant parfois des formes carrées, sont peu abondants; ils constituent un intermédiaire entre les phénocristaux et les autres microlites feldspathiques, ceux-là très nombreux, filiformes, se pressant les uns contre les autres ou, dans les échantillons peu cristallins, nageant dans la matière vitreuse.

Les uns et les autres sont maclés suivant la loi de l'albite, mais n'offrent que très rarement la macle de Carlsbad. Le plus souvent ils s'éteignent en long ou sous des angles très petits; la majorité des individus doit donc être rapportée à l'oligoclase. Cependant quelques rares sections nous ont montré, dans la zone perpendiculaire à $g^1$ (010), des angles d'extinction allant jusqu'à l'angle d'extinction maximum de l'andésine, nous avons donc affaire à des microlites variant entre l'andésine et l'oligoclase, avec prépondérance de ce dernier feldspath.

Ces plagioclases sont souvent groupés en croix, ce qui indique une certaine tranquillité et une certaine lenteur dans le refroidissement. Ils sont tous remarquablement frais, même quand les phénocristaux sont assez fortement altérés.

L'*augite* peut parfois manquer presque complètement, mais en général cependant elle est plus abondante que dans le premier temps. Elle possède tous les caractères que nous avons signalés dans cette dernière à un degré plus élevé; nous pouvons en déduire qu'elle est encore plus titanifère.

Elle se présente en grains arrondis, plus habituellement qu'en individus allongés.

Dans certains échantillons, le microscope nous a montré à un très fort grossissement de rares paillettes de *biotite*.

Le verre ne manque dans aucune des préparations; il est transformé en une pennine très peu réfringente et biréfringente.

D'après ce que nous venons de voir, les roches du type A sont des *andésites augitiques à andésine et à augite* qui passent à des andésites augitiques, à des andésites à augite et à des andésites sans silicate ferro-magnésien.

**Type B.**

A L'ŒIL NU la roche n'a pas la structure nettement porphyrique qui donne un cachet au type précédent; de-ci de-là seulement d'assez rares cristaux de feldspath blanc verdâtre et d'augite foncée apparaissent faiblement dans une pâte grisâtre peu compacte.

Les *feldspaths* sont ternes, d'aspect cireux, sans formes propres; par suite de son état de décomposition ce n'est qu'exceptionnellement qu'on peut y constater la macle de Carlsbad et celle de l'albite. Ils se détachent à peine sur la pâte qui est ponctuée de petits grains d'*augite* et de très fines particules de *pyrite*. Dans les échantillons les plus cristallins on constate que ces cristaux d'augite moulent les feldspaths, et par la diminution corrélative de la pâte on voit la roche prendre l'aspect d'une fine mosaïque enchevêtrée de ces deux minéraux.

Lorsque la roche est fortement décomposée, elle présente parfois, sur la cassure, des nodules arrondis de *calcite* secondaire atteignant $1^{cm}$ de diamètre. Sur les surfaces exposées à l'air, les agents atmosphériques attaquent plus facilement cette calcite que la roche qui l'entoure et cette dernière

offre des vides vacuolaires quelquefois plus ou moins remplis par un résidu de calcite non encore dissoute.

Au MICROSCOPE on constate que les deux temps de cristallisation sont bien moins dissemblables que dans le premier type; de plus le deuxième temps possède une très grande importance vis-à-vis du premier et du résidu vitreux qui sont l'un et l'autre beaucoup plus réduits que dans le type précédent et peuvent même manquer presque entièrement.

Le plus souvent la structure n'est pas purement microlitique, elle a des tendances à être intersectale et devient même ophitique dans les échantillons les plus cristallins.

Le premier temps se compose essentiellement de grands cristaux de *feldspath* présentant la macle de Carlsbad et celle de l'albite et offrant parfois de fines cassures transversales à l'allongement qui est le plus généralement perpendiculaire à $g^1$(010).

Ils subissent la même décomposition que les plagioclases du type A, comme eux ne sont pas zonés et appartiennent à l'andésine. La *pyrite* ne fait jamais défaut; l'*augite* par contre manque très souvent dans le premier temps; elle présente tous les caractères du type A; une plaque nous en a offert une section avec les plans de séparation $h^1$.

Au deuxième temps, les cristaux de *feldspath* possèdent de plus grandes dimensions que ceux de l'autre type; ils sont en baguettes allongées perpendiculairement à $g^1$(010), enchevêtrées entre elles et renfermant dans les espaces ainsi formés de petits cristaux d'*augite* et de la *pennine* résultant de la décomposition du résidu vitreux. La macle de Carlsbad n'y est que rarement associée à la macle de l'albite qui elle y existe toujours. Ils sont en général remarquablement frais même quand la roche est criblée de pennine et de nodules de calcite. Ils appartiennent à l'oligoclase-andésine et à l'andésine.

L'*augite* est semblable à celle du type A; elle est parfois en petits cristaux allongés, traversés par de nombreuses cassures transversales. Elle se trouve entre les interstices des feldspaths et, quand elle se présente en plages plus grandes, elle les moule complètement en donnant à la roche la structure ophitique.

Il existe un peu de *biotite* en très petites paillettes.

Dans toutes les roches de l'Arbizon du type A aussi bien que du type B, on observe quelques phénocristaux ayant conservé leurs formes propres mais complètement décomposés en minéraux serpentineux; le minéral primitif était du *péridot*.

**Sous-type B'.**

Quoique un peu différente macroscopiquement de celles que nous venons de décrire, c'est à ce type B que nous rattacherons, en en faisant un sous-type B', une roche dont l'examen microscopique nous fait voir l'identité. Dans une pâte grisâtre elle montre des nodules arrondis de plusieurs centimètres de diamètre constitués par une association de très grands éléments de felspath *plagioclase* blanc, non décomposé et de *hornblende* brune; on y voit aussi ce feldspath et cette hornblende en cristaux séparés avec des formes rondes. Cette roche doit être rapprochée des roches semblables que l'on rencontre dans les environs de Barèges, dans les éboulis de la Piquette deras Lids et aussi non loin de Luz dans les blocs roulés du torrent de l'Ise (1).

Au microscope, nous constatons que le deuxième temps est semblable à celui du type B. Au premier temps nous constatons que les feldspaths sont remarquablement frais; ils montrent la macle du péricline en plus de celles déjà citées et ren-

(1) D'après un échantillon que je dois à l'obligeance de M. A. Bresson.

ferment à leur périphérie un très léger zonage. Ils renferment des inclusions volumineuses de pyrite et d'apatite en cristaux très bien formés; ils sont très fortement résorbés et, en plus de la hornblende, contiennent entre eux de longues paillettes de biotite que leur position a partiellement préservées d'une digestion complète par le magma.

En résumé les roches du type B sont des andésites augitiques à andésine passant d'un côté à la diabase ophitique et de l'autre à une andésite augitique à augite qui les rattache au type précédent.

Nous nous réservons d'étudier ultérieurement les relations de ces deux types entre eux sur le terrain ainsi que leurs minéraux de décomposition et leurs phénomènes de contact.

---

*Le Secrétaire, gérant :*

MAURICE BLONDEL.

---

31644 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1904. — BULLETIN N° 6.


## Compte rendu de la séance du 9 juin 1904.

PRÉSIDENCE DE M. DUFET.

M. DE SCHULTEN fait une Communication sur quelques chromates, iodates, phosphates et arséniates artificiels.

M. DUFET entretient la Société de ses recherches sur les phénomènes de polarisation rotatoire présentés par les cristaux biaxes.

## Sur le phosphate double d'ammonium et de calcium;

Par M. A. DE SCHULTEN.

Ce sel, de la formule $AzH^4CaPO^4 + 7H^2O$, a été préparé et analysé pour la première fois par feu M. Henri Lasne (1). En suivant ses indications pour la préparation de ce corps je l'ai obtenu en cristaux très nets et assez grands pour se prêter

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXVII, p. 131.

aux mesures goniométriques. Leurs dimensions atteignent environ $1^{mm}$ suivant les axes *c* et *a* et $0^{mm},8$ suivant l'axe *b*.

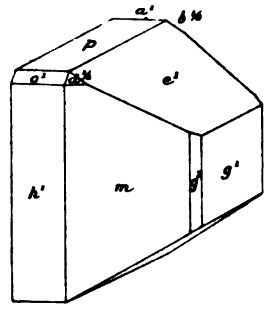
Les cristaux sont limpides et les faces sont brillantes. Mais ils s'altèrent assez vite à l'air en perdant de l'eau et de l'ammoniaque.

La perte éprouvée par $1^{g},5$ de matière abandonnée à l'air libre pendant 6 heures s'est élevée à 2,2 pour 100.

Deux déterminations de la perte au rouge ont donné 54,89 et 54,21 pour 100 (calculé pour $AzH^4CaPO^4 + 7H^2O$ : 54,50 pour 100).

La densité des cristaux, déterminée avec $5^{g},34$ de matière, a été trouvée égale à 1,561 à 15°. Le volume moléculaire est

Fig. 1.




178,9; celui de l'arséniate correspondant, que j'ai étudié dans un travail précédent (1), est 169,6.

Le sel $AzH^4CaPO^4 + 7H^2O$ est en cristaux monocliniques (*fig.* 1).

On observe les faces $g^1(010)$, $p(001)$, $h^1(100)$, $m(110)$,

(1) *Bull. Soc. de Min.*, t. XXVI, 1903, p. 9.

$g^3(120)$, $o^1(101)$, $a^1(\bar{1}01)$, $e^1(011)$, $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$.

$$\gamma = 88°34'.$$

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 0,5256 : 1 : 0,59316.$$

La figure représente l'aspect habituel des cristaux; les faces $e^1(011)$, $m(110)$ et $g^3(120)$ manquent sur la moitié gauche et les faces $d^{\frac{1}{2}}(111)$ et $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$ sur la moitié inférieure du cristal.

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $ph^1(001)(\bar{1}00)$ | *91°.26′ | |
| $e^1g^1(011)(010)$ | *59.20 | |
| $mg^1(110)(010)$ | *62.17 | |
| $g^1p(010)(001)$ | 89.59 | 90°. 0′ |
| $g^1k^1(010)(100)$ | 89.57 | 90. 0 |
| $me^1(\bar{1}10)(011)$ | 77.20 | 77.24 |
| $g^3g^1(120)(010)$ | 43.44 | 43.35 |
| $o^1h^1(101)(100)$ | 40.51 | 40.55 |
| $d^{\frac{1}{2}}o^1(111)(101)$ | 21.17 | 21.14 |
| $a^1h^1(\bar{1}01)(\bar{1}00)$ | 42. 3 | 42.10 |
| $b^{\frac{1}{2}}a^1(\bar{1}11)(\bar{1}01)$ | 21.44 | 21.43 |

On observe les zones suivantes :

$h^1(100)o^1(101)p(001)a^1(\bar{1}01)$, $g^1(010)e^1(011)p(001)$,

$g^1(010)b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)a^1(\bar{1}01)$, $g^1(010)d^{\frac{1}{2}}(111)o^1(101)$,

$h^1(100)m(110)g^3(120)g^1(010)$.

Sur $g^1$ (010) l'extinction se fait sous un angle de 9° environ avec l'axe $c$ dans l'angle aigu $ph^1$ (001) ($\bar{1}00$). Le plan des axes optiques est perpendiculaire à $g^1$ (010).

Le phosphate double d'ammonium et de calcium est donc isomorphe avec l'arséniate correspondant, que j'ai examiné précédemment [1].

(*Travail fait au Laboratoire d'Enseignement pratique de Chimie générale à la Sorbonne.*)

---

## Production artificielle de la hopéite;

Par M. A. de Schulten.

Dans un travail précédent [2] j'ai montré que par l'action d'un sel de zinc sur l'arséniate disodique en solution très étendue, on obtient : à froid, la kœttigite,

$$Zn^3(AsO^4)^2 + 8H^2O;$$

à chaud, l'adamine, $Zn^2OHAsO^4$.

Si dans les réactions précédentes on substitue le phosphate disodique à l'arséniate disodique, on n'obtient pas de composés correspondants à la kœttigite et à l'adamine.

En effet, si l'on mélange une solution de $4^g,5$ du sel $ZnSO^4 + 7H^2O$ dans $2^l$ d'eau avec une solution de $3^g,7$ du sel $HNa^2PO^4 + 12H^2O$ dans $1^l$ d'eau, à froid, on obtient de petits cristaux de hopéite, $Zn^3(PO^4)^2 + 4H^2O$ (teneur en eau : trouvé, 15,80 pour 100; calculé, 15,50) et si l'on fait agir la solution de phosphate disodique, goutte à goutte, sur la solution de sulfate de zinc, chauffée au bain-marie, on obtient aussi de

---

(1) *Loc. cit.*

(2) *Bull. Soc. de Min.*, t. XXVI, 1903, p. 91.

petits cristaux de hopéite (teneur en eau : trouvé, 15,71 pour 100).

La hopéite a été obtenue artificiellement par Debray [1], soit en faisant digérer une solution d'acide phosphorique avec du carbonate de zinc et faisant bouillir la liqueur filtrée, soit en chauffant à 70° au sein de l'eau le phosphate de zinc obtenu par double décomposition. MM. Friedel et Sarasin [2] ont aussi préparé la hopéite par divers procédés. Notamment ces savants, en chauffant en tube clos, à 150° — 180°, une solution d'acide phosphorique avec de l'oxyde ou du carbonate de zinc, ont obtenu des cristaux présentant les faces $g^1$(010), $m$(110), $p$(001) et $a^2$(103) (on a mesuré approximativement $mm = 120°$, $mg^1 = 120°$, $a^3a^3 = 150°$).

Je viens d'appliquer à la production de la hopéite le procédé de cristallisation que j'ai fait connaître précédemment [3].

On fait le mélange d'une solution de $45^g$ du sel

$$ZnSO^4 + 7H^2O$$

dans $0^l,5$ d'eau avec une solution de $37^g$ du sel

$$HNa^2PO^4 + 12H^2O$$

dans $0^l,5$ d'eau, on dissout le précipité de phosphate de zinc dans l'acide sulfurique, employé en petit excès, on chauffe la solution dans un ballon au bain-marie et l'on y fait tomber très lentement, goutte à goutte, de l'ammoniaque à 0,3 pour 100. Au bout de 8 jours on recueille des cristaux de hopéite qui atteignent $4^{mm},4$ suivant l'axe $c$, $1^{mm}$ suivant l'axe $b$ et $0^{mm},6$ suivant l'axe $a$.

La densité des cristaux, déterminée avec $11^g,7$ de matière,

---

(1) *Ann. de Chim. et Phys.*, t. LXI, 1860, p. 436.
(2) *Bull. Soc. de Min.*, t. II, 1879, p. 153.
(3) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1444.

a été trouvée égale à 3,109 à 15°. La densité de la hopéite naturelle est 2,85 d'après M. Lévy (dans Dana).

Les cristaux sont parfaitement limpides. Les faces sont brillantes. Les reflets sont bons.

On observe les faces $h^1$(100), $g^1$(010), $g^{\frac{7}{6}}$(160), $a^3$(103), $a^1$(101), $e^1$(011), $g^2$(130), $g^3$(120).

Les cristaux sont tantôt aplatis suivant $h^1$(100) (*fig.* 1), tantôt suivant $g^1$(010) (*fig.* 2). Sur les cristaux du premier

Fig. 1.

Fig. 2.

type on observe le plus souvent seulement les faces $h^1$ (100), $g^1$(010), $g^{\frac{7}{6}}$(160) et $a^3$(103). Les faces $g^{\frac{7}{6}}$(160) et $e^1$(011), n'ont pas été observées sur les cristaux naturels.

La face $g^1$(010) et les faces des prismes sont striées parallèlement à l'axe $c$.

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 0,5759 : 1 : 0.4759.$$

Le rapport des axes des cristaux naturels est

$$a : b : c = 0,5722 : 1 : 0,4717 \text{ (Lévy, dans Dana).}$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $a^3 h^1(103)(100)$ | *74°36′ | |
| $e^1 a^3(011)(103)$ | *29.29 | |
| $e^1 g^1(011(010)$ | 64.33 | 64°33′ |
| $a^1 a^3(101)(103)$ | 24. 3 | 24.10 |
| $a^3 g^{\frac{7}{5}}(103)(160)$ | 85.36 | 85.46 |
| $g^{\frac{7}{5}} h^1(160)(100)$ | 73.33 | 73.52 |
| $g^{\frac{7}{5}} g^2(160)(130)$ | 14. 4 | 13.56 |
| $g^3 h^1(120)(100)$ | 48.57 | 49. 2 |
| $e^1 g^{\frac{7}{5}}(011)(160)$ | 65.37 | 65.37 |
| $e^1 g^3(011)(120)$ | 71.10 | 71. 3 |

Le plan des axes optiques est parallèle à $p(001)$. La bissectrice est perpendiculaire à $g^1(010)$. Les cristaux sont négatifs, $\rho < v$. Ces propriétés optiques concordent avec celles du minéral naturel.

Il y a trois clivages : suivant $h^1(100)$, $g^1(010)$ et $p(001)$ ; les deux premiers sont faciles, le dernier est moins facile.

La hopéite artificielle est rayée par la fluorine ; elle raye le calcaire bien que difficilement. La dureté est donc un peu supérieure à 3. La dureté du minéral naturel est de 2,5 à 3 (dans Dana).

(*Travail fait au Laboratoire d'Enseignement pratique de Chimie générale à la Sorbonne.*)

## Production artificielle de haidingérites de baryum et de strontium.

Par M. A. de Schulten.

Ayant obtenu la haidingérite [1] $HCaAsO^4 + H^2O$ par le procédé de cristallisation [2] qui m'a fourni plusieurs phosphates et arséniates cristallisés, j'ai voulu essayer de l'appliquer à la production de haidingérites de baryum et de strontium. Ces expériences ont été couronnées de succès.

La haidingérite de baryum s'obtient de la manière suivante : on dissout $100^g$ du sel $BaCl^2 + 2H^2O$ dans $250^{cm^3}$ d'eau et $128^g$ du sel $HNaAsO^4 + 7H^2O$ dans $250^{cm^3}$ d'eau, on mélange les solutions et l'on dissout presque tout le précipité dans l'acide chlorhydrique à chaud. On chauffe la liqueur filtrée dans un ballon au bain-marie et l'on y fait tomber très lentement, goutte à goutte, de l'ammoniaque à 0, 3 pour 100. Au bout de quelques jours, parfois au bout de 24 heures, on recueille des cristaux mesurables de haidingérite de baryum.

Il est à remarquer que dans cette expérience, où la température de la liqueur a été de 90° au moins, je n'ai pas observé la formation d'une trace de monétite arséniée de baryum, $HBaAsO^4$.

L'analyse des cristaux a donné les nombres suivants qui

---

(1) *Bull. Soc. de Min.*, t. XXVI, 1903, p. 18.
(2) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1444.

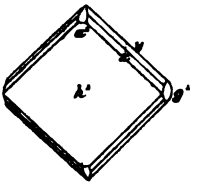
conduisent à la formule $HBaAsO^4 + H^2O$ :

| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $H^2O$ | 9,19 | 9,15 |
| $BaO$ | 51,79 | 51,93 |
| $As^2O^5$ | 39,02 (par diff.) | 38,92 |
| | 100,00 | 100,00 |

La densité des cristaux, déterminée avec $10^g,20$ de matière a été trouvée égale à 3,926 à 15°. Le volume moléculaire est 75,3.

La haidingérite de baryum (*fig.* 1) est en tables orthorhombiques, limpides et brillantes. Les faces donnent de bonnes images.

Fig. 1.



Les cristaux atteignent parfois plusieurs millimètres dans leur plus grande dimension. Un des cristaux que j'ai mesurés a $2^{mm},4$ suivant l'axe $c$, $3^{mm}$ suivant l'axe $b$ et $0^{mm},9$ suivant l'axe $a$.

On observe les faces : $h^1$ (100), $x$(121), $y$ (142), $g^1$ (010), $a^1$(101) et parfois $p$(001), $e^1$(011) et $g^{\frac{9}{7}}$(180), très réduites.

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 0,41708 : 1 : 0,44300$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $xh^1(121)(100)$ | *51°.31′ | |
| $xx(121)(12\bar{1})$ | *71.44 | |
| $xx(121)(\bar{1}21)$ | 62.32 | 62°.32′ |
| $a^1h^1(101)(100)$ | 43.21 | 43.16 ½ |
| $xy(121)(142)$ | 16.45 | 16.48 ½ |
| $px(001)(121)$ | 54. 1 | 54. 8 |
| $e^1p(011)(001)$ | 23.52 | 23.54 |
| $e^1x(011)(121)$ | 41.46 | 41.46 |
| $g^7h^1(180)(100)$ | 73.19 | 73.19 |

Parmi les zones observées je signalerai les suivantes :

$$\overline{h^1(100)a^1(101)p(001)},\quad \overline{h^1(100)x(121)y(142)},$$

$$\overline{g^1(010)e^1(011)p(001)},\quad \overline{e^1(011)x(121)a^1(10\bar{1})}.$$

Sur $h^1(100)$ l'extinction est diagonale. Le plan des axes optiques est dans $h^1(100)$, comme dans la haidingérite de calcium.

Il n'y a pas de clivage net.

La haidingérite de strontium a été obtenue en utilisant l'eau mère provenant de la préparation de la monétite arséniée de strontium (*voir* la Note suivante). Je dissous 100g du sel $SrCl^2 + 6H^2O$ dans 150cm³ d'eau et 117g du sel

$$HNa^2AsO^4 + 7H^2O$$

dans 350cm³ d'eau, je mélange les solutions, je dissous le précipité, à chaud, dans l'acide chlorhydrique concentré et j'ajoute de l'ammoniaque jusqu'à ce qu'il se produise un léger précipité. Je chauffe la liqueur filtrée dans un ballon au bain-marie à 90° environ et j'y fais tomber très lentement, goutte à goutte, de l'ammoniaque à 0,3 pour 100. Le lendemain on

voit déjà d'assez grands cristaux dans le ballon et au bout de 6 jours on recueille environ 30g de cristaux de monétite arséniée $HSrAsO^4$. Je les décrirai dans la Note suivante.

Si l'on continue à faire agir l'ammoniaque sur l'eau mère de ces cristaux, à la température de 40° seulement, il se forme peu à peu des cristaux mesurables de haidingérite de strontium. Si l'on fait agir sur l'eau mère de ces derniers cristaux, à la température ordinaire et très lentement, de l'ammoniaque à l'état gazeux, on obtient toujours des cristaux de haidingérite de strontium. La haidingérite obtenue à froid est souvent mélangée à des cristaux cubiques qui sont probablement un arséniate double de strontium et de sodium.

L'analyse de la haidingérite de strontium a donné les nombres suivants qui conduisent à la formule

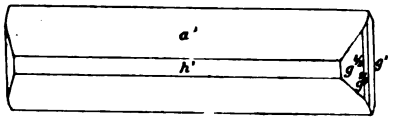
$$HSrAsO^4 + H^2O :$$

| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $H^2O$ | 10,95 | 11,00 |
| $SrO$ | 41,96 | 42,18 |
| $As^2O^5$ | 47,09 (par diff.) | 46,82 |
| | 100,00 | 100,00 |

La densité des cristaux, déterminée avec 5g,18 de matière, a été trouvée égale à 3,606 à 15°. Le volume moléculaire est 68,1.

La haidingérite de strontium (*fig.* 2) est en prismes ortho-

Fig. 2.




rhombiques limpides et brillants. Les faces donnent de bonnes images.

Les cristaux ont jusqu'à $1^{mm}$ suivant l'axe $c$, $2^{mm},5$ suivant l'axe $b$ et $0^{mm},8$ suivant l'axe $a$.

On observe les faces $a^1(101)$, $h^1(100)$, $g^{\frac{5}{3}}(140)$, $g^{\frac{9}{7}}(180)$, $g^1(010)$ et parfois une pyramide dont les faces sont courbes.

Sur des cristaux formés plus vite on observe seulement les faces $a^1(101)$, $h^1(100)$ et $g^{\frac{5}{3}}(140)$, mate.

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 0,42520 : 1 : 0,44115$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $a^1 h^1(101)(100)$ | *43°.57′ | |
| $g^{\frac{5}{3}} h^1(140)(100)$ | *59.33 | |
| $g^{\frac{5}{3}} a^1(140)(101)$ | 68.42 | 68°.36′ |
| $g^{\frac{9}{7}} h^1(180)(100)$ | 73.39 | 73.37 |
| $g^{\frac{9}{7}} a^1(180)(101)$ | 78.18 | 78.17 |

Je signalerai les zones suivantes que j'ai observées :

$$\overline{h^1(100)a^1(101)},$$

$$\overline{g^1(010)g^{\frac{9}{7}}(180)g^{\frac{5}{3}}(140)h^1(100)}.$$

Sur $h^1(100)$ l'extinction est longitudinale. Le plan des axes optiques est dans $h^1(100)$, comme dans les haidingérites de calcium et de baryum.

Il y a un clivage suivant $g^1(010)$, comme dans la haidingérite de calcium, mais ce clivage est moins facile que dans ce dernier composé.

***

Je donne ci-dessous un aperçu des constantes cristallographiques et des volumes moléculaires des haidingérites de calcium, de strontium et de baryum. Il en ressort que le sel de strontium se rapproche le plus du sel de calcium par la valeur de l'axe *a* et du sel de baryum par la valeur de l'axe *c*.

| | *a* : *b* : *c* | Volume moléculaire. |
|---|---|---|
| $HCaAsO^4 + H^2O$ (1)..... | 0,42725 : 1 : 0,49279 | 66,7 |
| $HSrAsO^4 + H^2O$..... | 0,42520 : 1 : 0,44115 | 68,1 |
| $HBaAsO^4 + H^2O$..... | 0,41708 : 1 : 0,44300 | 75,3 |

(*Travail fait au Laboratoire d'Enseignement pratique de Chimie générale à la Sorbonne.*)

---

## Production artificielle de monétites de baryum, de plomb et de strontium et de monétites arséniées de plomb et de strontium;

Par M. A. de Schulten.

Je me suis proposé de rechercher si les métaux voisins du calcium fournissaient des composés isomorphes avec la monétite $HCaPO^4$, que j'ai reproduite auparavant (2). Pour obtenir des cristaux mesurables des corps en question j'ai mis en œuvre le procédé de cristallisation que j'ai fait con-

(1) Le rapport des axes et le volume moléculaire sont ceux des cristaux artificiels (*Bull. Soc. de Min.*, t. XXVI, 1903, p. 18).

(2) *Bull. Soc. de Min.*, t. XXIV, 1901, p. 323 et t. XXVI, 1903, p. 11.

naître précédemment [1]. Les résultats de ces recherches sont consignés ci-dessous.

*Monétite de baryum.* — On obtient ce composé en opérant de la manière suivante. On dissout $25^g$ du sel $BaCl^2 + 2H^2O$ dans $200^{cm^3}$ d'eau et $37^g$ du sel $HNa^2PO^4 + 12H^2O$ dans $200^{cm^3}$ d'eau, on mélange les solutions et l'on ajoute de l'acide chlorhydrique concentré, à chaud, jusqu'à ce que presque tout le précipité soit dissous. On chauffe la liqueur filtrée dans un ballon, au bain-marie, et l'on y fait tomber très lentement, goutte à goutte, de l'ammoniaque à 0,3 pour 100. Au bout de 6 jours on recueille des cristaux mesurables de monétite de baryum.

L'analyse des cristaux a donné les nombres suivants qui conduisent à la formule $HBaPO^4$ :

| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $H^2O$ | 3,99 | 3,86 |
| $BaO$ | 65,52 | 65,72 |
| $P^2O^5$ | 30,49 (par diff.) | 30,42 |
| | 100,00 | 100,00 |

La densité des cristaux, déterminée avec $12^g,79$ de matière, a été trouvée égale à 4,165 à 15°. Le volume moléculaire est 56,1.

La monétite de baryum est en prismes orthorhombiques (*fig.* 1). Les cristaux sont limpides. Ils atteignent $1^{mm},3$ suivant l'axe *c*, $1^{mm}$ suivant l'axe *b* et $0^{mm},5$ suivant l'axe *a*.

On observe les faces $h^1$(100), *m*(110), $g^1$(010), $e^1$(011) et parfois de petites faces courbes d'une pyramide. Les faces *m*(110) sont striées verticalement. Les reflets sont bons.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1444.

Le rapport des axes est

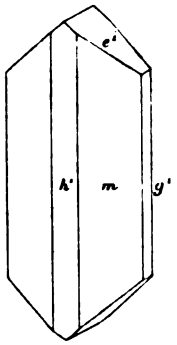
$$a : b : c = 0,7133 : 1 : 0,8117.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $mg^1(110)(010)$ | *54°.30' | |
| $e^1g^1(011)(010)$ | *50.56 | |
| $e^1m(011)(110)$ | 68.30 | 68°.32' |
| $e^1h^1(011)(100)$ | 89.58 | 90. 0 |

Sur $h^1(100)$ et $g^1(010)$ les extinctions sont longitudinales. Le plan des axes optiques est dans $h^1(100)$.

Fig. 1.




*Monétite de plomb.* — On dissout 15g de nitrate de plomb dans 1l,500 d'eau, on ajoute 10cm³ d'acide nitrique de densité 1,2; on chauffe la liqueur dans un ballon au bain-marie et l'on y fait tomber très lentement, goutte à goutte, 2l d'une solution de 8g du sel $HNa^2PO^4 + 12H^2O$ par litre. Au bout de 7 jours j'ai recueilli environ 8g de grands cristaux de monétite de plomb.

L'analyse des cristaux a donné les nombres suivants qui

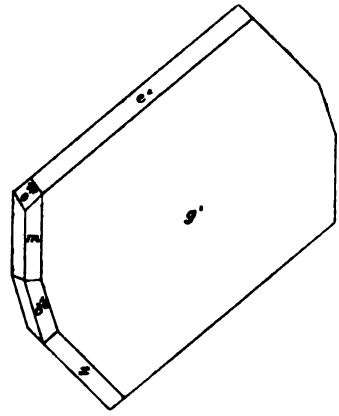
conduisent à la formule $HPbPO^4$ :

| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $H^2O$ | 3,01 | 2,97 |
| $PbO$ | 73,52 | 73,58 |
| $P^2O^5$ | 23,27 | 23,45 |
| | 99,80 | 100,00 |

La densité des cristaux, déterminée avec $7^g,26$ de matière, a été trouvée égale à 5,661 à 15°. Le volume moléculaire est 53,5.

La monétite de plomb est en prismes monocliniques, aplatis suivant $g^1$ (010) (*fig.* 2). Les cristaux sont brillants et limpides. Ils atteignent $15^{mm}$ suivant l'axe $a$, $4^{mm}$ suivant l'axe $c$ et $0^{mm},5$ suivant l'axe $b$.

Fig. 2




On observe les faces $g^1$ (010), $m$(110), $e^1$(011), $b^{\frac{1}{2}}$(111), $x(\bar{1}22)$ et $o^{\frac{3}{4}}$(403). Les faces donnent de bonnes images.

$$\gamma = 82°20'.$$

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 0,7096 : 1 : 0,8715.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $mg^1(110)(010)$ | *54°.53′ | |
| $e^1g^1(011)(010)$ | *49.11 | |
| $me^1(\bar{1}10)(011)$ | *72.56 | |
| $b^{\frac{1}{2}}g^1(\bar{1}11)(010)$ | 59.55 | 59°.41′ |
| $b^{\frac{1}{2}}e^1(\bar{1}11)(011)$ | 45.37 | 45.39 |
| $b^{\frac{1}{2}}o^{\frac{3}{4}}(\bar{1}11)(\bar{4}03)$ | 73.52 | 73.56 |
| $xg^1(\bar{1}22)(010)$ | 52. 7 | 51.54 |
| $xe^1(\bar{1}22)(011)$ | 26. 0 | 25.55 |
| $xo^{\frac{3}{4}}(\bar{1}22)(\bar{4}03)$ | 92.27 | 92.39 |

Sur $g^1(010)$ l'extinction se fait sous un angle de 37° environ avec l'axe $c$ dans l'angle obtus $ph^1(001)(100)$. Le plan des axes optiques est parallèle à $g^1(010)$.

*Monétite arséniée de plomb.* — On dissout 30g de nitrate de plomb dans 500cm³ d'eau et 28g du sel $HNa^2AsO^4 + 7\dot{H}^2O$ dans 500cm³ d'eau, on mélange les solutions et l'on dissout le précipité, à chaud, dans un petit excès d'acide nitrique. On chauffe la liqueur dans un ballon, au bain-marie, et l'on y fait tomber lentement, goutte à goutte, de l'ammoniaque à 0,3 pour 100. Au bout de 6 jours j'ai recueilli 6g de monétite arséniée de plomb bien cristallisée.

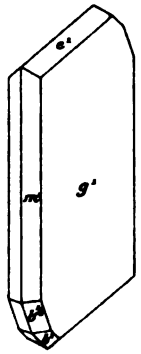
L'analyse des cristaux a donné les nombres suivants qui conduisent à la formule $HPbAsO^4$ :

| | Trouvé. | | Calculé. |
|---|---|---|---|
| $H^2O$ | 2,63 | | 2,60 |
| $PbO$ | 64,08 | | 64,25 |
| $As^2O^5$ | 33,29 | (par diff.) | 33,15 |
| | 100,00 | | 100,00 |

La densité des cristaux, déterminée avec 6g,06 de matière, a été trouvée égale à 6,076 à 15°. Le volume moléculaire est 57,1.

La monétite arséniée de plomb est, comme le composé phosphoré, en prismes monocliniques aplatis suivant $g^1$(010) (*fig.* 3). Les cristaux sont brillants et limpides. Ils atteignent

Fig. 3.




2mm,1 suivant l'axe *a*, 2mm,2 suivant l'axe *c* et 0mm,3 suivant l'axe *b*.

On observe les faces $g^1$(010), *m*(110), $e^1$(011), $b^{\frac{1}{2}}$($\bar{1}$11) et $b^1$($\bar{1}$12). Les faces donnent de bonnes images.

$$\gamma = 84°23'.$$

Le rapport des axes est

$$a:b:c = 0,7212:1:0,8704.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $mg^1$(110)(010)..... | *54°.20' | |
| $e^1m$(011)(110)..... | *63.46 | |
| $e^1m$(011)($\bar{1}$10)..... | *71.15 | |
| $e^1m$(0$\bar{1}$1)($\bar{1}\bar{1}$0)..... | 71.16 | 71°.15' |

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $e^1 g^1 (011)(010)$ | 49°.13′ | 49°. 6′ |
| $b^{\frac{1}{2}} m (\bar{1}11)(\bar{1}10)$ | 35.17 | 35.20 |
| $b^{\frac{1}{2}} g^1 (\bar{1}11)(010)$ | 60. 1 | 59.50 |
| $b^1 b^{\frac{1}{2}} (\bar{1}12)(\bar{1}11)$ | 20.59 | 21. 0 |
| $b^1 g^1 (\bar{1}12)(010)$ | 68.55 | 68.48 |

Je signalerai les zones

$$m(1\bar{1}0)\, b^1(\bar{1}12)\, b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11), \quad g^1(010)\, e^1(011).$$

Sur $g^1(010)$ l'extinction se fait sous un angle de 38° environ avec l'axe $c$ dans l'angle obtus $ph^1(001)(100)$. Le plan des axes optiques est parallèle à $g^1(010)$.

*Monétite de strontium.* — On dissout 50g du sel

$$SrCl^2 + 6H^2O$$

dans 200cm³ d'eau et 67g du sel

$$HNa^2PO^4 + 12H^2O$$

dans 200cm³ d'eau; on mélange les solutions et l'on dissout presque tout le précipité, à chaud, dans l'acide chlorhydrique concentré. On chauffe la liqueur filtrée dans un ballon au bain-marie, et l'on y fait tomber lentement, goutte à goutte, de l'ammoniaque à 0,3 pour 100. Au bout de 6 jours on recueille un dépôt de cristaux mesurables de monétite de strontium.

Les mêmes cristaux s'obtiennent par le procédé suivant.

On chauffe de l'acide phosphorique de densité 1,05 au bain-marie et l'on ajoute du carbonate de strontium jusqu'à ce qu'il se produise un léger précipité. La liqueur filtrée,

chauffée en tube scellé à 150°, pendant quelques heures, laisse déposer des cristaux de monétite de strontium.

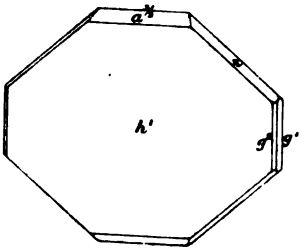
L'analyse des cristaux obtenus par précipitation lente a donné les nombres suivants qui conduisent à la formule $HSrPO^4$ :

| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $H^2O$ | 4,95 | 4,90 |
| $SrO$ | 55,92 | 56,17 |
| $P^2O^5$ | 39,13 (par diff.) | 38,93 |
| | 100,00 | 100,00 |

La densité des cristaux, déterminée avec 8g,73 de matière, a été trouvée égale à 3,544 à 15°. Le volume moléculaire est 51,8.

La monétite de strontium est en tables orthorhombiques aplaties suivant $h^1(100)$ (*fig.* 4). Les cristaux sont limpides. Ils atteignent 2mm,5 suivant l'axe *b*, 1mm,8 suivant l'axe *c* et 0mm,14 suivant l'axe *a*.

Fig. 4.




Sur les cristaux obtenus en tube scellé on observe les faces $h^1(100)$, dominante, et $z(133)$ et sur les cristaux obtenus par précipitation lente, en outre, $g^1(010)$, $g^2(130)$, $a^{\frac{3}{2}}(203)$ et parfois $g^5(230)$ [1]. Les faces donnent de bonnes images.

[1] J'expliquerai plus loin les considérations qui m'ont déterminé à attribuer aux faces les symboles ci-dessus.

Le rapport des axes est

$$a:b:c = 0,6477:1:0,8581.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $zh^1$ (133)(100)..... | *71°.28' | |
| $zz$ (133)(13$\bar{3}$)..... | *92. 1 | |
| $zz$ (133)(1$\bar{3}$3)..... | 76.24 | 76°.16' |
| $zg^1$ (133)(010)..... | 51.48 | 51.52 |
| $g^2h^1$(130)(100)..... | 62.42 | 62.46 |
| $g^5h^1$(230)(100)..... | 44.11 | 44.10 |
| $a^{\frac{3}{2}}h^1$(203)(100)..... | 48.23 | 48.33 |

Sur $h^1$(100) et $g^1$(010) les extinctions sont longitudinales. Le plan des axes optiques est dans $h^1$(100).

*Monétite arséniée de strontium.* — J'ai décrit la préparation de ce composé dans la Note précédente en donnant le procédé d'obtention de la haidingérite de strontium (*voir* p. 106).

L'analyse des cristaux a fourni les nombres suivants qui conduisent à la formule $HSrAsO^4$ :

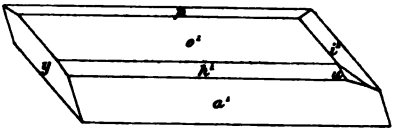
| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $H^2O$.... ..... | 3,94 | 3,96 |
| SrO..... | 45,30 | 45,52 |
| $As^2O^5$..... | 50,76 (par diff.) | 50,52 |
| | 100,00 | 100,00 |

La densité des cristaux, déterminée avec 1$^g$ de matière, a été trouvée égale à 4,035 à 15°. Le volume moléculaire est 56,5.

La monétite arséniée de strontium est en prismes tricliniques allongés suivant l'axe $b$ et le plus souvent un peu

aplatis suivant $o^1(101)$ (*fig.* 5). Les cristaux sont brillants et

Fig. 5.




limpides. Ils atteignent $3^{mm},3$ de longueur, $1^{mm}$ de largeur et $0^{mm},5$ d'épaisseur.

On observe les faces $p(001)$, $h^1(100)$, $o^1(101)$, $a^1(\bar{1}01)$, $y(\bar{1}21)$, $i(011)$ et $u(321)$. Les faces donnent de bonnes images.

$$\alpha = 92^\circ.\ 4',$$
$$\beta = 86.32,$$
$$\gamma = 90.46.$$

Le rapport des axes est

$$a:b:c = 0,6466:1:0,8346.$$

*Angles des normales.*

| | | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|---|
| $ya^1$ | $(1\bar{2}\bar{1})(10\bar{1})$ | *47°.43' | |
| $a^1p$ | $(\bar{1}01)(001)$ | *52.36 | |
| $po^1$ | $(001)(101)$ | *51.49 | |
| $py$ | $(001)(\bar{1}21)$ | *66.49 | |
| $io^1$ | $(011)(101)$ | *61. 5 | |
| $pi$ | $(001)(011)$ | 41.15 | 41°.16' |
| $yh^1$ | $(1\bar{2}\bar{1})(100)$ | 57. 8 | 57.12 |
| $h^1o^1$ | $(100)(101)$ | 37.41 | 37.33½ |
| $uy$ | $(321)(\bar{1}21)$ | 97.31 | 97. 8 |
| $iu$ | $(011)(321)$ | 64. 8 | 64.16 |
| $ph^1$ | $(001)(100)$ | | 89.22½ |
| $pg^1$ | $(001)(010)$ | | 93.26 |
| $g^1h^1$ | $(010)(100)$ | | 87.58 |

Je signalerai les zones

$$\overline{o^1(101)\,i(011)\,y(\bar{1}21)},\quad \overline{h^1(100)\,u(321)\,y(\bar{1}21)}.$$

Sur $h^1(100)$ l'extinction se fait sous un angle de 14° environ avec l'arête $h^1o^1(100)(101)$ dans l'angle obtus β.

***

Si l'on traite, à chaud, de l'acide arsénique de densité 1,15 par du carbonate de calcium, jusqu'à ce qu'il se produise un léger précipité, et si l'on chauffe la liqueur filtrée en tube scellé, à 170°, pendant quelques heures, on obtient de petits cristaux tabulaires excessivement minces qui présentent la composition de la monétite arséniée de calcium, $HCaAsO^4$.

En substituant, dans cette expérience, le carbonate de baryum au carbonate de calcium, on obtient de même des cristaux en tables très minces qui ont la composition de la monétite arséniée de baryum, $HBaAsO^4$.

Jusqu'ici je n'ai pas réussi à obtenir ces composés en cristaux se prêtant aux mesures goniométriques.

***

En prenant les faces des cristaux les plus simples de monétite de baryum comme faces primitives on a, pour ce composé, le rapport des axes indiqué ci-dessus. Ces faces sont toujours les plus développées et, d'ailleurs, les seules qui ont pu être déterminées.

En choisissant par analogie pour la monétite et la monétite arséniée de plomb comme faces primitives celles qui sont les plus développées et qui, en outre, donnent pour γ la valeur la plus voisine de 90° [c'est-à-dire les faces $e^1(011)$ et $m(110)$], on déduit pour ces deux composés les rapports d'axes précédemment indiqués.

Considérant maintenant que les rapports des axes de ces trois monétites, qui se déduisent d'une façon très naturelle de leurs formes cristallines, sont assez voisins les uns des autres, j'ai cherché à établir pour les autres monétites des rapports des axes se rapprochant de ceux que j'avais fixés.

Pour la monétite arséniée de strontium on y parvient en choisissant la forme primitive comme je l'ai fait ci-dessus. Les angles des axes $\alpha$, $\beta$ et $\gamma$ deviennent alors assez voisins de 90° et les symboles des faces dérivées sont simples.

La monétite de calcium que j'ai reproduite antérieurement [1] offrait les faces $g^1(010)$, dominante, $p(001)$, $h^1(100)$ $m(1\bar{1}0)$, $i(011)$, $o^1(101)$, $c^{\frac{1}{2}}(1\bar{1}\bar{1})$ et $x(2\bar{1}\bar{1})$. On avait

$$\alpha = 96°40', \qquad \beta = 88°44', \qquad \gamma = 103°48'$$

et le rapport des axes

$$a:b:c = 1,049:1:1,044.$$

En donnant maintenant aux faces de la monétite de calcium les symboles des faces correspondantes de la monétite arséniée de strontium, qui lui est très voisine,

| | | |
|---|---|---|
| $o^1(101)$ | devient | $h^1(100)$, |
| $p\ (001)$ | » | $o^1\ (101)$, |
| $h^1(100)$ | » | $a^1(10\bar{1})$, |
| $c^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$ | » | $i\ (011)$, |
| $i\ (011)$ | » | $x\ (121)$, |
| $m(1\bar{1}0)$ | » | $y\ (1\bar{2}\bar{1})$, |
| $x\ (\bar{2}11)$ | » | $z\ (\bar{1}23)$ |

et $g^1(010)$ reste $g^1(010)$. On a alors

$$\alpha = 94°22', \qquad \beta = 84°57', \qquad \gamma = 90°17'$$

---

(1) *Loc. cit.*

et le rapport des axes

$$a:b:c = 0,6467:1:0,8244.$$

Par ce changement de symboles l'angle $\gamma$ devient, comme on le voit, plus voisin de 90° et les paramètres se rapprochent des paramètres des autres monétites.

Les figures ci-dessous donnent la position nouvelle des cristaux de monétite de calcium : (*fig.* 6) les cristaux obtenus au moyen du procédé de cristallisation par précipitation lente, (*fig.* 7) les cristaux obtenus en tube scellé [1].

Fig. 6.

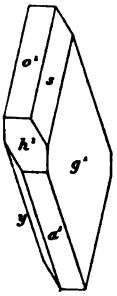
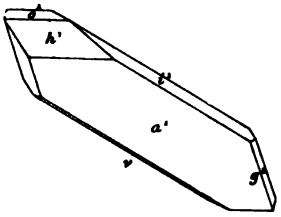



Fig. 7.




Pour mettre l'axe *a* de la monétite de strontium en accord avec les axes *a* des autres monétites on est obligé de donner à la pyramide *z* le symbole (133) au lieu de (111). Cet axe devient alors, comme on le voit, très voisin de l'axe *a* de la monétite de calcium.

Je donne ci-dessous un apercu des constantes cristallogra-

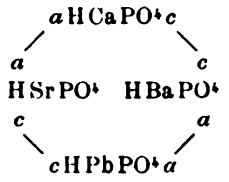
---

(1) *Loc. cit.*

phiques et des volumes moléculaires des différentes monétites :

| | α. | β. | γ. | a:b:c. | Volume moléculaire. |
|---|---|---|---|---|---|
| $HCaPO^4$ (triclinique) | 94°.22′ | 84°.57′ | 90°.17′ | 0,6467:1:0,8244 | 46,5 |
| $HSrPO^4$ (orthorhomb.) | 90 | 90 | 90 | 0,6477:1:0,8581 | 51,8 |
| $HPbPO^4$ (monocl.) | 90 | 90 | 82.20 | 0,7096:1:0,8715 | 53,5 |
| $HBaPO^4$ (orthorhomb.) | 90 | 90 | 90 | 0,7133:1:0,8117 | 56,1 |
| $HSrAsO^4$ (triclinique) | 92. 4 | 86.32 | 90.46 | 0,6466:1:0,8346 | 56,5 |
| $HPbAsO^4$ (monocl.) | 90 | 90 | 84.23 | 0,7212:1:0,8704 | 57,1 |

En considérant les monétites phosphorées on voit que la monétite de calcium se rapproche le plus de la monétite de strontium par l'axe *a*, celle-ci de la monétite de plomb par l'axe *c*, celle-ci de la monétite de baryum par l'axe *a* et celle-ci, enfin, de la monétite de calcium par l'axe *c*, ainsi que le représente le schéma ci-dessous :




Les volumes moléculaires vont en augmentant depuis la monétite de calcium jusqu'à la monétite de baryum dans l'ordre donné par le schéma.

La monétite arséniée de strontium est très voisine des

monétites de calcium et de strontium. La monétite arséniée de plomb se rapproche de la monétite de plomb.

(*Travail fait au Laboratoire d'Enseignement pratique de Chimie générale à la Sorbonne.*)

---

## Production artificielle de la huréaulite et de la huréaulite de cadmium;

Par M. A. de Schulten.

MM. Erlenmeyer et Heinrich (1) ont préparé à l'état cristallisé le phosphate de manganèse $5MnO, 2P^2O^5, 5H^2O$ ou $H^2Mn^5(PO^4)^4 + 4H^2O$ qui constitue la huréaulite. Haushofer (1) a mesuré les cristaux et bien que ces mesures, d'après l'auteur, ne soient qu'approximatives, il est évident que les cristaux sont bien identiques à la huréaulite.

J'ai préparé la huréaulite par le procédé de cristallisation que j'ai fait connaître précédemment (2). On dissout du carbonate de manganèse jusqu'à saturation dans $250^{cm^3}$ d'acide phosphorique de densité 1,10 chauffés au bain-marie. On chauffe la liqueur filtrée dans un ballon au bain-marie et l'on y fait tomber très lentement, goutte à goutte, de l'ammoniaque à 0,3 pour 100. Au bout de 8 jours on recueille environ $18^g$ de huréaulite bien cristallisée. La quantité d'ammoniaque employée est d'environ $1^l,500$.

L'analyse des cristaux a donné les nombres suivants qui

---

(1) *Annalen d. Chemie u. Pharm.*, t. CLXXXX, 1878, p. 201.
(2) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1444.

conduisent à la formule $H^2Mn^5(PO^4)^4 + 4H^2O$ :

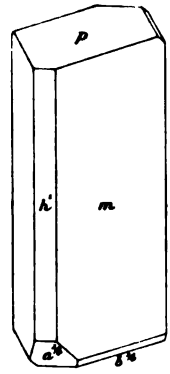
| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $H^2O$..... | 12,35 | 12,35 |
| $MnO$..... | 48,90 | 48,69 |
| $P^2O^5$..... | 38,75 (par diff.) | 38,96 |
| | 100,00 | 100,00 |

Le manganèse à été dosé comme pyrophosphate (1).

La densité des cristaux, déterminée avec 8g,80 de matière, a été trouvée égale à 3,175 à 15°. Le volume moléculaire est 23,0. La densité de la huréaulite naturelle de Brancheville est 3,149 (E.-S. Dana).

La huréaulite artificielle est en prismes monocliniques (*fig.* 1), brillants et limpides, d'une teinte rose claire. Ils

Fig. 1.




atteignent 1mm suivant l'axe *c*, 0mm,6 suivant l'axe *a* et 0mm,4 suivant l'axe *b*. Les reflets, surtout ceux des faces du prisme, sont souvent multiples.

(1) F.-A. Gooch et Martha Austin, *Chem. Centralblatt*, t. I, p. 378, 1899.

On observe les faces $m(110)$, $h^1(100)$, $p(001)$, $a^{\frac{1}{4}}(\bar{4}01)$ et, parfois $b^{\frac{1}{4}}(\bar{2}21)$, étroite. Les cristaux examinés par Haushofer offrent les mêmes faces, excepté $b^{\frac{1}{4}}(\bar{2}21)$. Les faces $m(110)$ sont striées verticalement.

$$\gamma = 96^\circ 28'.$$

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 1,9048 : 1 : 0,5189.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $h^1 m(100)(110)$ | *62° 9′ | |
| $a^{\frac{1}{4}} m(\bar{4}01)(\bar{1}10)$ | *70.53 | |
| $ph^1(001)(100)$ | *83.32 | |
| $a^{\frac{1}{4}} p(\bar{4}01)(001)$ | 50.53 | 50°.59′ |
| $a^{\frac{1}{4}} h^1(\bar{4}01)(\bar{1}00)$ | 45.17 (moy.) | 45.29 |
| $b^{\frac{1}{4}} a^{\frac{1}{4}}(\bar{2}21)(\bar{4}01)$ | 48. 0 (appr.) | 47.27 |
| $b^{\frac{1}{4}} m(\bar{2}21)(\bar{1}10)$ | 41.30 (appr.) | 41.54 |

Je mentionnerai les zones suivantes que j'ai observées :

$$h^1(100)\,p(001)\,a^{\frac{1}{4}}(\bar{4}01),$$

$$m(\bar{1}10)\,b^{\frac{1}{4}}(\bar{2}21)\,p(001),$$

$$a^{\frac{1}{4}}(\bar{4}01)\,b^{\frac{1}{4}}(\bar{2}21)\,m(110).$$

Haushofer [1] en donnant à la face $a^{\frac{1}{4}}(\bar{4}01)$ le symbole $a^1(\bar{1}01)$

---

[1] *Loc. cit.*

trouve le rapport des axes $a : b . c = 1,9927 : 1 : 1,7122$ pour les cristaux qu'il a mesurés. Or, en refaisant le calcul du rapport des axes d'après les angles fondamentaux donnés par Haushofer, je trouve pour ses cristaux

$$a : b : c = 1,9927 : 1 : 2,0609.$$

En prenant la face $a^1(\bar{1}01)$ (¹) pour $a^{\frac{1}{4}}(\bar{4}01)$, on a alors

| | $a : b : c.$ | $\gamma.$ |
|---|---|---|
| Cristaux de Haushofer..... | 1,9927 : 1 : 0,5152 | 97°.34′ |
| Mes cristaux..... | 1,9048 : 1 : 0,5189 | 96.28 |
| Cristaux naturels (E.-S. Dana)... | 1,9192 : 1 : 0,5245 | 95.56 |

Je ferai remarquer que les cristaux de huréaulite de Brancheville mesurés par M. Dana contiennent 4,56 pour 100 d'oxyde ferreux. Les cristaux que j'ai préparés ne contiennent qu'une trace de fer.

La huréaulite artificielle est négative comme le minéral naturel. Quand on observe un cristal dans la direction perpendiculaire à $g^1(010)$ au microscope, en lumière polarisée parallèle, entre des nicols croisés, on voit que l'extinction se fait sous un angle de 25° environ avec l'axe $c$ dans l'angle aigu $ph^1(001)(\bar{1}00)$. Le plan des axes optiques est perpendiculaire à $g^1(010)$ comme dans les cristaux naturels.

Dans un Mémoire sur les phosphates et les arséniates de cadmium (²) j'avais montré qu'on obtient des cristaux microsco-

---

(¹) Il y aurait peut être lieu de conserver à cette face le symbole $a^1(\bar{1}01)$, vu que les cristaux les plus simples de huréaulite, qui prennent naissance et dans la préparation de ce minéral par MM. Erlenmeyer et Heinrich et dans la mienne, ne présentent que la face en question avec $p(001)$ et $m(110)$.

(²) *Bull. Soc. Chim.*, (3), t. I, 1889, p. 472.

piques du phosphate

$$5CdO, 2P^2O^5, 5H^2O \quad \text{ou} \quad H^2Cd^5(PO^4)^4 + 4H^2O$$

en précipitant une solution de chlorure de cadmium, à chaud, par le phosphate disodique. Pour obtenir des cristaux plus purs on dissout les cristaux précédents dans l'acide phosphorique étendu et l'on précipite la solution à chaud, par la soude ou l'ammoniaque étendue. Les mêmes cristaux s'obtiennent si l'on chauffe au bain-marie ou en tube scellé à 250° une solution saturée à froid du phosphate $5CdO, 2P^2O^5, 5H^2O$ dans l'acide phosphorique de densité 1,10.

Les résultats des analyses [1] des cristaux provenant de ces diverses préparations conduisent bien à la formule donnée ci-dessus.

La composition des cristaux en question correspondant à celle de la huréaulite j'ai tenu à rechercher s'ils sont isomorphes avec ce minéral.

Pour obtenir des cristaux d'assez grandes dimensions j'ai appliqué mon procédé de cristallisation à la préparation de ce composé par l'action de l'ammoniaque sur une solution acide de phosphate de cadmium. Je fais dissoudre du carbonate de cadmium dans 250$^{cm^3}$ d'acide phosphorique de densité 1,10, à chaud, jusqu'à ce qu'il se produise un léger précipité de phosphate de cadmium. Je chauffe la liqueur dans un ballon au bain-marie et j'y fais tomber très lentement, goutte à goutte, de l'ammoniaque à 0,3 pour 100. Au bout de 48 heures il s'est formé un dépôt d'environ 8$^g$ de cristaux mesurables du phosphate $H^2Cd^5(PO^4)^4 + 4H^2O$ (teneur en eau trouvée 8,83 pour 100, calculée 8,88). La quantité d'ammoniaque employée a été 500$^{cm^3}$ environ.

---

[1] Dans les résultats de la première analyse du Mémoire, à la page 473, il y a, par erreur, $P^2O^5$ trouvé 41,40 pour 100; *lire* 31,40.

La densité des cristaux, déterminée avec $8^g,20$ de matière, a été trouvée égale à 4,161 à 15°. Pour les cristaux microscopiques préparés précédemment j'avais trouvé des densités variant de 3,96 à 4,15 (1).

Le volume moléculaire est 24,4. Il est donc assez voisin de celui de la huréaulite de manganèse (23,0).

Les cristaux affectent la forme de prismes monocliniques (*fig.* 2), incolores, brillants et limpides. Ils atteignent $1^{mm},8$ suivant l'axe $c$, $0^{mm},6$ suivant l'axe $b$, $0^{mm},3$ suivant l'axe $a$.

On observe les faces $h^1(100)$, $m(110)$, $p(001)$, $b^{\frac{1}{4}}(\bar{2}21)$. Les faces, excepté $p(001)$, donnent de bonnes images. Les faces $m(110)$ ne sont pas striées.

$$\gamma = 96°.44'.$$

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 1,8965 : 1 : 0,5159.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $h^1 m(100)(110)$ | *62°. 2′ | |
| $h^1 b^{\frac{1}{4}}(\bar{1}00(\bar{2}21)$ | *73.21 | |
| $b^{\frac{1}{4}} b^{\frac{1}{4}}(\bar{2}21)(\bar{2}\bar{2}1)$ | *86.58 | |
| $b^{\frac{1}{4}} m(\bar{2}21)(\bar{1}10)$ | 42. 6 | 42°. 7′ |
| $b^{\frac{1}{4}} p(\bar{2}21)(001)$ | 51. 0 (2) | 51. 1 |
| $ph^1(001)(100)$ | 83.27 | 83.16 |

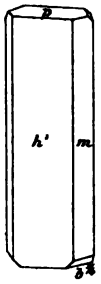
Les cristaux sont donc parfaitement isomorphes avec la huréaulite.

(1) *Loc. cit.*

(2) Moyenne de 5 observations variant de 50°18′ à 51°34′.

La huréaulite de cadmium est négative. Quand on observe un cristal dans la direction perpendiculaire à $g^1$(010) au microscope, en lumière polarisée parallèle, entre des nicols

Fig. 2.




croisés, on voit que l'extinction se fait sous un angle de 8° environ avec l'axe $c$ dans l'angle aigu $ph^1$ (001) ($\bar{1}$00) (¹). Sur $h^1$(100) l'extinction est longitudinale. Le plan des axes optiques est perpendiculaire à $g^1$(010).

(*Travail fait au Laboratoire d'Enseignement pratique de Chimie générale à la Sorbonne.*)

---

## Production artificielle par voie humide des chromates anhydres cristallisés de baryum, de plomb et de strontium;

Par M. A. de Schulten.

Manross (²) a le premier obtenu la crocoïse par fusion du chlorure de plomb avec du chromate de potassium. Par appli-

(¹) Les cristaux microscopiques obtenus antérieurement offraient des extinctions longitudinales. Étant un peu aplatis suivant $h^1$(100) les cristaux reposent le plus souvent sur cette face.

(²) L. Bourgeois, *Reproduction artificielle des minéraux*. Paris, 1884.

cation de ce procédé, M. L. Bourgeois a obtenu des chromates de baryum et de strontium en prismes orthorhombiques isomorphes entre eux et avec les sulfates correspondants [1].

La crocoïse a, en outre, été préparée par Drevermann [1] au moyen de la méthode de réaction lente par diffusion. La crocoïse artificielle obtenue par ce procédé présentait les faces $m$, $b^{\frac{1}{2}}$, $d^{\frac{1}{2}}$, parfois $g^1$ et $d^x$. Plus tard, M. L. Bourgeois [2] a obtenu des cristaux mesurables de crocoïse, présentant les faces $m$, $e^1$ et parfois $g^1$, en faisant refroidir une solution bouillante de chromate de plomb dans l'acide azotique ou en la chauffant en tube scellé à 150°.

J'ai appliqué avec succès le procédé de cristallisation, que j'ai fait connaître précédemment [3], à la production de ces trois chromates en cristaux mesurables.

Pour préparer le chromate de baryum on dissout $20^g$ de nitrate de baryum dans $1^l$ d'eau, on ajoute $10^{cm^3}$ d'acide azotique de densité 1,2, on chauffe la liqueur dans un ballon au bain-marie et l'on y fait tomber lentement, goutte à goutte, $2^l$ d'une solution de $5^g$ de bichromate de potassium par litre. L'opération dure une douzaine de jours.

La crocoïse se prépare de la façon suivante. On dissout $20^g$ de nitrate de plomb dans $0^l,500$ d'eau, on ajoute $0^l,500$ d'acide azotique concentré, on chauffe la liqueur dans un ballon au bain-marie et l'on y fait tomber goutte à goutte $2^l$ d'une solution de $4^g$ de bichromate de potassium par litre. Au commencement on peut laisser tomber les gouttes assez vite, car les premiers cristaux n'apparaissent qu'après l'introduction d'environ $1^l$ de la solution de bichromate de potassium. Plus tard on règle l'écoulement à 5 à 6 gouttes par minute. Au bout de 8 jours on recueille environ $11^g$ de crocoïse bien cristallisée.

---

(1) L. Bourgeois, *loc. cit.*

(2) *Bull. Soc. de Min.*, t. X, 1887, p. 187.

(3) *Comptes rendus* t. CXXXVI, 1903, p. 1444.

Le chromate de strontium s'obtient plus difficilement en cristaux mesurables, bien qu'il soit beaucoup plus soluble que les chromates de baryum et de plomb. Le meilleur résultat a été obtenu en opérant en solution concentrée et en présence d'un excès de bichromate de potassium. Je dissous $25^g$ du sel $Sr(AzO^3)^2 + 4H^2O$ et $30^g$ de bichromate de potassium dans $100^{cm^3}$ d'eau, je chauffe la liqueur dans un petit ballon au bain-marie et j'y fais tomber très lentement, goutte à goutte, de l'ammoniaque à 0,3 pour 100. On maintient le volume de la liqueur dans le ballon entre $100^{cm^3}$ et $200^{cm^3}$ pendant toute l'opération. Au bout de 30 jours on recueille des cristaux mesurables de chromate de strontium.

Chauffé au rouge le chromate de baryum cristallisé n'a perdu que 0,06 pour 100.

L'analyse du chromate de strontium a donné les nombres suivants qui conduisent à la formule $SrCrO^4$ :

| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $CrO^3$..... | 49,28 | 49,14 |
| SrO (par différence)..... | 50,65 | 50,86 |
| Perte au rouge..... | 0,07 | |
| | 100,00 | 100,00 |

Le chromate de baryum est en tables orthorhombiques brillantes, limpides (*fig.* 1), d'une teinte jaune claire. Chauffées au rouge elles prennent une teinte rouge orangé et redeviennent jaunes par le refroidissement. Les faces donnent de bons reflets.

Les cristaux atteignent $1^{mm},2$ suivant l'axe $c$, $0^{mm},6$ suivant l'axe $b$ et $0^{mm},07$ suivant l'axe $a$.

On observe les faces $h^1(100)$, $m(110)$, $e^1(011)$, $x(122)$, $y(4.5.10)$ très réduite et parfois $z(233)$.

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 0,8038 : 1 : 1,2149.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $mm(110)(1\bar{1}0)$ | * 77°.35′ | |
| $e^1e^1(011)(0\bar{1}1)$ | *101. 5 | |
| $e^1m(011)(110)$ | 61.10 | 61°. 4′ |
| $e^1m(011)(\bar{1}10)$ | 61.10 | 61. 4 |
| $xx(122)(\bar{1}22)$ | 51.16 | 51.18 |
| $ze^1(233)(011)$ | 32.53 | 32.38 |
| $ym(4.5.10)(110)$ | 49.49 | 49.42 |
| $yx(4.5.10)(122)$ | 17. 8 | 17.19 |

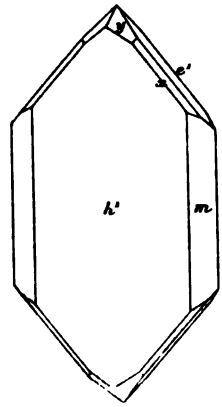
Il y a lieu de signaler les zones suivantes :

$$\overline{h^1(100)\,x(122)\,e^1(011)},\quad \overline{h^1(100)\,z(233)\,e^1(011)}.$$

Sur $h^1(100)$ l'extinction est longitudinale. Le plan des axes optiques est dans $h'(100)$.

La densité des cristaux, déterminée avec 4g,23 de matière,

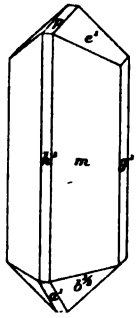
Fig. 1.




a été trouvée égale à 4,498 à 15°. Le volume moléculaire est 56,4.

La crocoïse artificielle (*fig.* 2) est en prismes monocliniques très brillants, limpides, d'une teinte jaune foncée pour les petits cristaux, jaune rougeâtre pour les cristaux plus épais. Chauffés au rouge les cristaux prennent momentanément

Fig. 2.




une teinte rouge orangé foncée. Les reflets sont très bons.

Les cristaux atteignent $1^{mm},2$ suivant l'axe *c* et $0^{mm},4$ suivant les axes *a* et *b*. Bien que les cristaux n'aient pas de grandes dimensions ils sont remarquables par le nombre des facettes.

On observe les faces *p* (001), $h^1$ (100), $g^1$ (010), *m* (110), $e^1$ (011), $e^{\frac{1}{2}}$ (021), $e^2$ (012), rare, $b^{\frac{1}{2}}$ ($\bar{1}$11), $b^1$ ($\bar{1}$12), $a^1$ ($\bar{1}$01), $d^{\frac{1}{2}}$ (111), rare. Les faces *m* (110) sont striées verticalement.

*Angles des normales.*

| | Observé. | Cristaux naturels. |
|---|---|---|
| $ph^1$ (001)(100) | 77°.33′ | 77°.32′.50″ |
| *mm* (110)(1$\bar{1}$0) | 86.20 | 86.19 |
| $pg^1$ (001)(010) | 89.59 | 90. 0 |
| *pm* (001)($\bar{1}$10) | 99.10 | 99. 3 |
| $e^{\frac{1}{2}}g^1$ (021)(010) | 29.11 | 29.12.30 |

| | Observé. | Cristaux naturels. |
|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ |
| $e^2e^2(012(0\bar{1}2)$ | 48.14 | 48.11 |
| $pa^1(001)(\bar{1}01)$ | 49.38 | 49.32 |
| $b^{\frac{1}{2}}m(\bar{1}11)(\bar{1}10)$ | 40.43 | 40.39 |
| $b^{\frac{1}{2}}b^1(\bar{1}11)(\bar{1}12)$ | 22.36 | 22.40 |
| $d^{\frac{1}{2}}(111)(001)$ | 46.40 | 46.58 |

L'angle $e^1e^1(011)(0\bar{1}1)$ a été trouvé très variable.

Je mentionnerai les zones suivantes que j'ai observées :

$m(110)\,e^1(011)\,a^1(\bar{1}01)\,b^1(\bar{1}12)$, $g^1(010)\,e^{\frac{1}{2}}(021)\,e^1(011)\,p(001)$,

$g^1(010)\,e^1(011)\,e^2(012)\,p(001)$, $m(110)\,d^{\frac{1}{2}}(111)p(001)$,

$h^1(100)\,d^{\frac{1}{2}}(111)\,e^1(011)$, $m(\bar{1}10)\,b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)\,b^1(\bar{1}12)\,p(001)$,

$h^1(100)\,p(001)\,a^1(\bar{1}01)$.

Sur $g^1(010)$ l'extinction se fait sous un angle de 6° environ avec l'axe $c$ dans l'angle obtus $ph^1(001)(100)$.

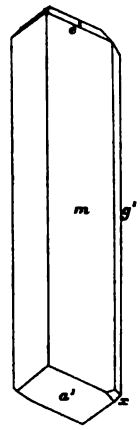
La densité des cristaux, déterminée avec $9^g,63$ de matière, a été trouvée égale à 6,123 à 15°; le volume moléculaire est 52,8. Pour la densité de la crocoïse artificielle obtenue par voie sèche, Manross avait trouvé le nombre 6,118.

Le chromate de strontium anhydre (*fig.* 3) est en prismes monocliniques, brillants, limpides, d'une teinte jaune. Chauffés au rouge ils prennent transitoirement, comme les chromates de baryum et de plomb, une teinte rouge orangé.

Les cristaux atteignent $1^{mm}$ de longueur et $0^{mm},27$ d'épaisseur.

On observe les faces : $m(110)$, $a^1(\bar{1}01)$, $e^1(011)$, $x(\bar{3}43)$ et $g^1(010)$, rare. Les faces, excepté $x(\bar{3}43)$, donnent de

Fig. 3.




bonnes images. Les faces $m(110)$ sont striées verticalement comme sur la crocoïse

$$\gamma = 77°17'.$$

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 0,96662 : 1 : 0,91732.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $mm(110)(1\bar{1}0)$ | *86°.38′ | |
| $ma^1(\bar{1}10)(\bar{1}01)$ | *64.11 | |
| $a^1e^1(\bar{1}01)(011)$ | *61. 3 | |
| $e^1e^1(011)(0\bar{1}1)$ | 83.37 | 83°.40′ |
| $g^1m(010)(110)$ | 46.40 | 46.41 |
| $x^1a^1(\bar{3}43)(\bar{1}01)$ | 45.30 | 45.35 |
| $xm(\bar{3}43)(110)$ | 79. 8 | 79.20 |

Sur $g^1$ (010) l'extinction se fait sous un angle de 6° environ avec l'axe $c$ dans l'angle aigu $ph^1$ (001) ($\bar{1}00$).

La densité des cristaux, déterminée avec 6g,10 de matière, a été trouvée égale à 3,895 à 15°. Le volume moléculaire est 52,3.

***

Je donne ci-dessous un Tableau comprenant les volumes moléculaires et les constantes cristallographiques des chromates que je viens d'étudier et des sulfates correspondants. Les volumes moléculaires ont été déduits des densités que j'ai déterminées et pour les chromates et pour les sulfates (¹). Les constantes cristallographiques des sulfates et de la crocoïse sont celles des minéraux naturels.

| | $a:b:c$. | $\gamma$. | Volume moléculaire. | Diff. |
|---|---|---|---|---|
| $BaSO^4$... | 0,81520:1:1,31359 | 90° | 51,9 | 4,5 |
| $PbSO^4$... | 0,78516:1:1,28939 | 90 | 47,4 | 1,5 |
| $SrSO^4$... | 0,77895:1:1,28005 | 90 | 45,9 | |
| $BaCrO^4$.. | 0,8038 :1:1,2149 | 90 | 56,4 | 3,6 |
| $PbCrO^4$.. | 0,96034:1:0,91586 | 77.32.50" | 52,8 | 0,5 |
| $SrCrO^4$... | 0,96662:1:0,91732 | 77.17 | 52,3 | |

On voit que le sulfate de strontium se rapproche bien plus du sulfate de plomb que du sulfate de baryum. Le chromate de strontium est très voisin du chromate de plomb et ne présente pas d'analogie avec le chromate de baryum. Ce dernier sel se rapproche assez du sulfate de baryum, surtout par la valeur de l'axe $a$.

Les volumes moléculaires des sulfate et chromate de plomb sont intermédiaires entre ceux des sels de baryum et de

(¹) *Bull. Soc. Min.*, t. XXVI, 1903, p. 103.

strontium. Le volume moléculaire du sulfate de strontium est assez voisin de celui du sulfate de plomb; le volume moléculaire du chromate de strontium est très voisin de celui du chromate de plomb.

(*Travail fait au Laboratoire d'Enseignement pratique de Chimie générale à la Sorbonne.*)

---

## Sur les iodates de cuivre;

Par MM. A. Granger et A. de Schulten.

Les iodates de cuivre ont été étudiés par Millon (1), Rammelsberg (2) et dernièrement par M. A. Ditte (3).

Millon, en traitant de l'oxyde de cuivre par l'acide iodique, a obtenu un corps qui présentait la composition donnée par la formule $6CuO, 3I^2O^5, 2H^2O$.

Le sel $CuO, I^2O^5, H^2O$ a été obtenu par Rammelsberg et par Millon qui le préparait en versant une solution de sulfate ou de nitrate de cuivre dans l'acide iodique. Préparé de cette manière le sel se présente en petits grains bleu pâle. Ce corps a été obtenu à l'état cristallisé par M. Ditte au moyen d'un procédé que nous décrirons ci-dessous.

M. Ditte a trouvé qu'en mélangeant avec de l'iodate de sodium une dissolution concentrée et bouillante de nitrate de cuivre, contenant environ le tiers de son volume d'acide azotique, et en maintenant la liqueur entre 70° et 80°, elle laisse déposer de petits cristaux bleu pâle, très brillants, de l'iodate anhydre, $CuO, I^2O^5$.

---

(1) *Ann. Chim.* (3), t. IX, 1843, p. 400.
(2) *Poggendorff's Annalen*, t. XLIV, p. 569.
(3) *Ann. Chim.* (6), t. XXI, 1890, p. 173.

M. Ditte a aussi constaté que, lorsqu'on mélange des dissolutions concentrées et chaudes d'un iodate alcalin ou d'acide iodique avec un sel de cuivre, le précipité cristallin bleu pâle qui se produit présente la même composition que les cristaux précédents.

Le même savant a encore trouvé que si la liqueur, dans laquelle se forme l'iodate de cuivre, est moins concentrée, contient moins d'acide azotique et si la cristallisation s'effectue entre 40° et 50°, le sel qui se dépose a tout à fait l'aspect des cristaux d'iodate anhydre, sauf la couleur qui, dans ce cas, est vert clair. Ces cristaux ont la composition donnée par la formule $CuO, I^2O^5, H^2O$.

Nous nous sommes proposé de préparer les iodates de cuivre en cristaux déterminables.

*Sel* $2CuO, I^2O^5, H^2O$. — Nous avons obtenu ce composé en cristaux mesurables par l'application du procédé de cristallisation que l'un de nous a fait connaître précédemment (¹). On dissout $20^g$ du sel $CuSO^4 + 5H^2O$ dans $2^l$ d'eau, on ajoute deux gouttelettes d'acide sulfurique de densité 1,2; on chauffe la liqueur dans un ballon au bain-marie et l'on y fait tomber lentement, goutte à goutte, $3^l$ d'une solution de $5^g$ d'iodate de potassium par litre. Au commencement on laisse tomber les gouttes assez vite, car les premiers cristaux n'apparaissent au fond du ballon qu'après l'introduction d'environ $1^l$ de la solution d'iodate de potassium. Au bout de 12 jours on recueille de beaux cristaux du composé en question. Le volume de la liqueur dans le ballon après l'opération est d'environ $3^l$.

L'analyse des cristaux a donné les nombres suivants qui conduisent à la formule $2CuO, I^2O^5, H^2O$ ou $Cu(IO^3)^2, Cu(OH)^2$

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1444.

ou simplement $Cu.IO^3.OH$ :

| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $CuO$ | 31,28 | 31,16 |
| $I^2O^5$ | 65,00 | 65,31 |
| $H^2O$ | 3,72 (par diff.) | 3,53 |
| | 100,00 | 100,00 |

Les cristaux peuvent être chauffés à 290° sans éprouver aucune perte. Chauffés au-dessus de cette température ils se décomposent en dégageant d'abord de l'eau, puis des vapeurs d'iode et de l'oxygène.

Les cristaux se dissolvent lentement dans l'acide sulfurique étendu, à chaud.

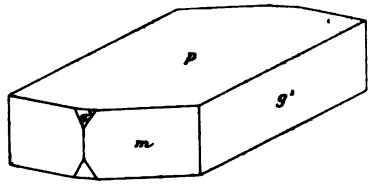
La densité des cristaux, déterminée avec $8^g$ de matière, a été trouvée égale à 4,878 à 15°.

Les cristaux sont très brillants et limpides. La couleur est vert foncé.

Ils appartiennent au système orthorhombique. Les plus grands cristaux atteignent $1^{mm},2$ suivant l'axe $a$, $0^{mm},6$ suivant l'axe $b$ et $0^{mm},5$ suivant l'axe $c$.

On observe les faces $p(001)$, $g^1(010)$, $m(110)$ et $a^1(101)$, très réduite (*fig.* 1). Les reflets de $m(110)$ et $a^1(101)$ sont

Fig. 1.




bons. La face $g^1(010)$ est courbe ; $p(001)$ n'est pas plane non plus.

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 0,7124 : 1 : 1,7073.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. |
|---|---|
| $mm(110)(1\bar{1}0)$ | *70°56′ |
| $ma^1(110)(101)$ | *41°16′ |

Sur $p(001)$ l'extinction est diagonale, sur $g^1(010)$ elle est longitudinale. Le plan des axes optiques est perpendiculaire à $h^1(100)$.

Il y a un clivage suivant $h^1(100)$.

*Sel* $CuO, I^2O^5, H^2O$. — Nous préparons ce composé de la manière suivante :

On dissout 30g de nitrate de cuivre cristallisé dans 100cm³ d'eau, on ajoute 50cm³ d'acide azotique de densité 1,33, on chauffe la liqueur dans un ballon au bain-marie et l'on y fait tomber lentement, goutte à goutte, 2l d'une solution de 10g d'iodate de potassium par litre. Les premiers cristaux apparaissent après l'introduction dans le ballon d'environ 1l de la solution d'iodate de potassium. Au bout de 6 jours nous avons recueilli 11g de beaux cristaux du sel en question. Le volume de la liqueur dans le ballon après l'opération était d'environ 1l,500.

Dans l'expérience que nous venons de décrire la température de la liqueur était d'environ 90°. Si l'on opère à 30° - 35° seulement, on obtient toujours le même composé mais en cristaux plus petits.

L'analyse des cristaux a fourni les nombres suivants qui conduisent à la formule $CuO, I^2O^5, H^2O$ ou $Cu(IO^3)^2 + H^2O$ :

| | Trouvé. | | Calculé. |
|---|---|---|---|
| $CuO$ | 18,37 | | 18,45 |
| $I^2O^5$ | 77,59 | | 77,37 |
| $H^2O$ | 4,04 | (par diff.) | 4,18 |
| | 100,00 | | 100,00 |

Si l'on chauffe les cristaux ils se décomposent comme le sel précédent mais à une température moins élevée.

Les cristaux se dissolvent lentement dans l'acide sulfurique étendu, à chaud.

La densité des cristaux, déterminée avec 1 g de matière, a été trouvée égale à 4,876 à 15°. Elle est donc presque identique à celle du composé précédent.

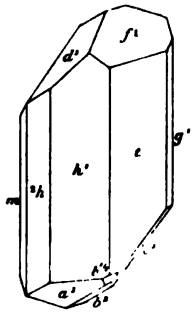
Les cristaux sont très brillants et limpides. La couleur est bleu clair tirant sur le vert.

Ils cristallisent dans le système triclinique. Les dimensions des plus grands cristaux sont 3mm suivant l'axe *c*, 2mm suivant l'axe *b* et 1mm suivant l'axe *a*.

Les faces donnent de bonnes images.

On observe les faces $h^1(100)$, $t(110)$, $m(1\bar{1}0)$, $f^1(112)$, $d^1(1\bar{1}2)$, $b^1(11\bar{2})$, $c^1(1\bar{1}\bar{2})$, $a^1(\bar{1}01)$, $e^1(0\bar{1}1)$, $^2h(3\bar{1}0)$, $g^2(\bar{1}\bar{3}0)$, $g^1(010)$, $b^{\frac{1}{2}}(11\bar{1})$, $b^2(1\bar{1}\bar{4})$ (*fig.* 2). Les faces $b^1(11\bar{2})$, $c^1(1\bar{1}\bar{2})$ et $g^2(\bar{1}\bar{3}0)$ qui le plus souvent sont très réduites ont été

Fig. 2.




omises sur la figure:

$$\alpha = 91^\circ.\ 6',$$
$$\beta = 82.38,$$
$$\gamma = 95.\ 0.$$

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 1,2898 : 1 : 1,5188.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| $h^1 g^1 (100)(010)$ | *89°.26′ | |
| $h^1 e^1 (\bar{1}00)(0\bar{1}1)$ | *92. 6 | |
| $g^1 e^1 (0\bar{1}0)(0\bar{1}1)$ | *31.10 | |
| $g^1 a^1 (0\bar{1}0)(\bar{1}01)$ | *84.36 | |
| $h^1 a^1 (\bar{1}00)(\bar{1}01)$ | *42.37 | |
| $a^1 e^1 (\bar{1}01)(0\bar{1}1)$ | 66.46 | 66°.54′ |
| $m g^1 (1\bar{1}0)(0\bar{1}0)$ | 37.40 | 37.52 |
| $h^{1\,2} h (\bar{1}00)(\bar{3}10)$ | 23.41 | 23.27 |
| $a^{1\,2} h (\bar{1}01)(\bar{3}10)$ | 50. 3 | 50.10 |
| $d^1 m (1\bar{1}2)(1\bar{1}0)$ | 41.51 | 41.45 |
| $d^1 b^2 (1\bar{1}2)(\bar{1}\bar{1}4)$ | 39.38 | 39.48 |
| $d^1 c^1 (1\bar{1}2)(\bar{1}12)$ | 86.55 | 87. 7 |
| $f^1 b^2 (112)(\bar{1}\bar{1}4)$ | 70.18 | 70.27 |
| $t g^1 (110)(010)$ | | 37.27 |
| $p g^1 (001)(010)$ | | 97.17 |
| $p h^1 (001)(100)$ | | 85. 7 |

Nous signalerons les zones suivantes que nous avons observées :

$t(110) d^1(1\bar{1}2) e^1(0\bar{1}1)$, $^2h(\bar{3}10) a^1(\bar{1}01) b^2(\bar{1}\bar{1}4) d^1(1\bar{1}2)$,

$g^1(010) f^1(112) d^1(1\bar{1}2)$, $t(110) f^1(112) b^2(\bar{1}\bar{1}4) b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}\bar{1}1)$.

$m(1\bar{1}0) d^1(1\bar{1}2) c^1(\bar{1}12)$, $h^1(100) f^1(112) c^1(\bar{1}12)$,

$h^1(100) d^1(1\bar{1}2) b^1(\bar{1}\bar{1}2)$, $g^1(010) c^1(\bar{1}12) b^1(\bar{1}\bar{1}2)$,

$g^1(010) a^1(\bar{1}01) b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}\bar{1}1)$, $g^1(010) e^1(0\bar{1}1) b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}\bar{1}1)$,

$m(\bar{1}10)\,^2h(\bar{3}10) h^1(\bar{1}00) t(\bar{1}\bar{1}0) g^2(\bar{1}30)$, $g^2(\bar{1}\bar{3}0) e^1(0\bar{1}1) f^1(112)$.

Sur $h^1(100)$ l'extinction se fait sous un angle de 48° avec l'arête $h^1 g^1(100)(010)$ dans l'angle obtus $\beta$ ; sur $g^1(010)$ elle se fait sous un angle de 28° avec la même arête dans l'angle obtus $\gamma$.

*Sel* $CuO, I^2O^5$. — Nous avons préparé ce composé par distillation, au bain-marie, d'une solution saturée du sel $CuO, I^2O^5, H^2O$ dans l'acide azotique concentré (densité 1,33). En opérant sur $1^l$ de solution on recueille, après distillation maintenue pendant quelques jours, un dépôt de cristaux mesurables d'iodate de cuivre neutre et anhydre.

Ces cristaux sont d'un vert très pâle. Si l'on continue la distillation pendant quelque temps après la formation de ces cristaux on voit apparaître des cristaux bleu clair du sel neutre hydraté. Ces derniers cristaux peuvent, d'ailleurs, être séparés par triage des cristaux d'iodate anhydre.

L'analyse des cristaux a donné les nombres suivants qui conduisent à la formule $CuO, I^2O^5$ ou $Cu(IO^3)^2$ :

| | Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|
| CuO | 19,08 | 19,26 |
| $I^2O^5$ | 80,53 | 80,74 |
| | 99,61 | 100,00 |

Si l'on chauffe les cristaux dans un tube de verre étroit on observe qu'ils se décomposent en émettant des vapeurs d'iode sans dégagement d'eau.

Abandonnés en contact avec de l'eau les cristaux ne s'hydratent que très lentement. Ce n'est qu'au bout de plusieurs jours que la teinte vert pâle des cristaux s'est changée en celle du composé hydraté.

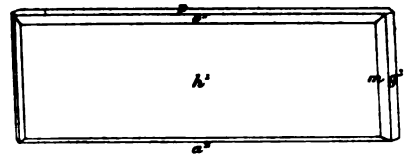
La densité des cristaux, déterminée avec $2^g$ de matière, a été trouvée égale à 5,241 à 15°.

Les cristaux sont brillants et transparents. Abandonnés à l'air ils deviennent ternes peu à peu.

L'iodate de cuivre anhydre est en tables monocliniques aplaties suivant $h^1(100)$ et allongées suivant l'axe $b$. Elles atteignent $1^{mm},9$ suivant l'axe $b$, $0^{mm},5$ suivant l'axe $c$ et $0^{mm},2$ suivant l'axe $a$. Les reflets sont bons.

On observe les faces $h^1(100)$, $p(001)$, $m(110)$, $g^3(120)$, $o^1(101)$, $a^2(\bar{1}02)$ et de petites faces d'une pyramide qui n'a pu être déterminée (*fig.* 3). Sur la figure ci-dessous la largeur

Fig. 3.




de $a^2(\bar{1}02)$ a été exagérée pour rendre le dessin plus distinct.

$$\gamma = 95^\circ 44'.$$

Le rapport des axes est

$$a : b : c = 0,87880 : 1 : 1,05196.$$

*Angles des normales.*

| | Observé. | Calculé. |
|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ |
| $ph^1$ (001)(100)..... | *84.16 | |
| $a^2h^1$ (10$\bar{2}$)(100)..... | *63.23 | |
| $mh^1$ (110)(100)..... | *41.10 | |
| $o^1h^1$ (101)(100)..... | 37.32 | 37.30 |
| $g^3h^1$ (120)(100)..... | 60.13 | 60.14 |
| $g^3p$ (120)(001)..... | 87.16 | 87. 9 |

Sur $h^1(100)$ et $p(001)$ l'extinction est longitudinale. Sur des

lamelles de clivage suivant $g^1$ (010) l'extinction se fait sous un angle de 42° environ avec la trace de $h^1$ (100) dans l'angle aigu $ph^1$ (001)($\bar{1}$00). Le plan des axes optiques est dans $h^1$ (100).

***

Il ressort des expériences décrites ci-dessus que le sel $2CuO, I^2O^5, H^2O$ se forme par l'action de l'iodate de potassium sur une solution étendue et chaude d'un sel de cuivre, si la solution n'est que très faiblement acide, et que le sel $CuO, I^2O^5, H^2O$ se produit si la solution contient une plus forte quantité d'acide libre.

La quantité d'acide libre nécessaire pour déterminer la formation du sel neutre n'est pas bien grande. En effet, si dans l'expérience qui fournit le sel $2CuO, I^2O^5, H^2O$ on ajoute à la liqueur $1^{cm^3}$ d'acide sulfurique de densité 1,2 au lieu de deux gouttelettes, on obtient simultanément le sel

$$2CuO, I^2O^5, H^2O$$

et le sel $CuO, I^2O^5, H^2O$, l'un et l'autre en cristaux facilement reconnaissables à l'œil nu. Si dans cette expérience on ajoute $2^{cm^3}$ d'acide sulfurique au lieu d'un et si l'on fait agir sur la solution cuivrique $3^l$ de solution d'iodate de potassium à $10^g$ par litre, on n'obtient plus qu'une très faible quantité du sel $2CuO, I^2O^5, H^2O$ mélangée au sel $CuO, I^2O^5, H^2O$.

D'autre part, en suivant le mode expérimental que nous avons indiqué, la production de l'iodate anhydre $CuO, I^2O^5$ demande la présence d'un grand excès d'acide azotique concentré et il suffit que cet acide soit légèrement étendu pour voir s'engendrer les sels $CuO, I^2O^5$ et $CuO, I^2O^5, H^2O$ simultanément.

Ces faits montrent d'une façon frappante combien la produc-

tion de cristaux déterminables peut faciliter l'étude chimique des corps cristallisés.

(*Travail fait au Laboratoire d'Enseignement pratique de Chimie générale à la Sorbonne.*)

---

## Étude cristallographique et optique du rhamnose;

Par M. H. Dufet.

Le rhamnose a été longtemps appelé *isodulcite* ou *rhamnodulcite*. Le premier nom doit être exclusivement adopté depuis que Rayman et Kruis [1] ont montré que ce n'était pas un alcool de formule $C^6O^6H^{14}$, mais un véritable sucre, un méthylpentose hydraté $C^5O^5H^9(CH^3) + H^2O$. Les remarquables phénomènes de polarisation rotatoire que présente le rhamnose, et qui seront étudiés dans le Mémoire suivant [2], ainsi que la beauté et la pureté des cristaux que j'avais à ma disposition, et qui m'ont été procurés par MM. Chenal et Douilhet, m'ont conduit à refaire une étude complète des propriétés cristallographiques et optiques de ce corps.

### I. — Étude cristallographique.

Les cristaux de rhamnose sont clinorhombiques, très simples de forme, constitués par le prisme $m$ (110) dominant,

---

(1) Rayman et Kruis, *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. XLVIII, 1887, p. 632.
(2) *Voir* plus loin, p. 156.

avec la face $h^1(100)$, et terminés par le clinodome $e^1(011)$ avec les faces $p(001)$ et $a^1(10\bar{1})$, petites et manquant assez souvent. Dans les cristaux volumineux que j'ai étudiés, et qui ont été obtenus dans l'eau, il n'y a pas trace d'hémiédrie. Au contraire, de petits cristaux, obtenus dans l'alcool, étaient tous hémièdres, par suppression des faces $e^1$ placées à la droite de l'observateur, l'angle obtus $ph^1(001)(100)$ étant en avant et en haut, c'est-à-dire par la suppression des faces (011) et $(01\bar{1})$, et le développement considérable des faces $(0\bar{1}1)$ et $(\bar{0}\bar{1}1)$. Ceci est bien d'accord avec les résultats obtenus antérieurement. M. Vrba [1] n'a trouvé qu'un seul petit cristal hémièdre; M. Hirschwald [2] a trouvé une hémiédrie plus fréquente, avec beaucoup de cristaux d'apparence holoèdre et des passages des uns aux autres; Websky [3], sur des cristaux obtenus dans l'alcool, a observé constamment l'hémiédrie.

Les faces $a^1(10\bar{1})$ et $h^1(100)$ sont des plans de clivage; Vrba et Hirschwald les appellent des *clivages parfaits*, tandis que je n'ai obtenu que des clivages assez médiocres et interrompus. Websky dit n'avoir pas observé de clivages; M. Wyrouboff [4] indique deux clivages *faciles*.

Le Tableau suivant donne les angles des normales observés et calculés, ainsi que les angles observés antérieurement.

$$a : b : c = 0,99982 : 1 : 0,84353,$$
$$\beta = 84^\circ 33'.$$

---

(1) Vrba, *Sitz. Akad. Wien.*, t. LXXX. 1re série, 1879, p. 7.
(2) Hirschwald, *Lieb. Ann.*, t. CXCVI, 1879, p. 330.
(3) Websky, *Ber. d. D. chem. Gesell.*, t. XVIII, 1885, p. 2319.
(4) Wyrouboff *in* Arnaud, *Comptes rendus*, t. CXXVI, 1898, p. 1209.

| | Angles des normales | | Vrba. | Hirschwald. | | Websky. | Wyrou[illegible] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | calculés. | mesurés. | A. | A. | B. | C. | D. |
| $ph^1$ (001)(100) | Fond. | *84°.35′ | 84°.45.5 | 84°.50′ | 84°.53′ | » | 84°.[illegible] |
| $h^1a^1$(100)($10\bar{1}$) | 53° 2′ | 53. 3 | 53. 8 | 52.43 | 52.40 | » | 53. [illegible] |
| $pa^1$ (001)($\bar{1}01$) | Fond. | *42.23 | 42. 6 | 42. 2 | 42.10 | » | » |
| $mh^1$ (110)(100) | Fond. | *44.52 | 44.52 | 44.26 | 44.33 | 44°.43′ | » |
| $mm$ (110)($1\bar{1}0$) | 89.44 | 89.42 | » | 89.10 | 89.18 | » | 89.[illegible] |
| $pe^1$ (001)(011) | 40. 1.5 | 40. 2 | 39.53 | 40. 3 | 40. 3 | » | » |
| $e^1e^1$(011)($0\bar{1}1$) | 80. 3 | 80. 4 | » | 80.10 | » | » | 79.[illegible] |
| $a^1m$($10\bar{1}$)(110) | 64.46.5 | 64.48 | 64.52 | » | » | 64.25 | » |
| $me^1$ (110)(011) | 59.40.5 | 59.38 | 59.41 | » | » | » | » |
| $e^1a^1$(011)($\bar{1}01$) | 55.33 | 55.33 | 54.51 | » | » | 55.26 | » |
| $me^1$ (110)($01\bar{1}$) | 66.16 | 66.16 | 65.52 | » | » | » | » |
| $pm$ (001)(110) | 86.10 | 86. 9 | 86. 7 | » | » | » | » |
| $h^1e^1$(100)(011) | 85.51 | 85.52 | » | » | » | » | » |

A. Du sucre de quercitrine,
B. De la xanthorhamnine.
C. De la naringine,
D. De l'ouabaïne.

## II. — Propriétés optiques.

1. *Orientation et angle des axes* (*raie* D). — Les axes optiques sont placés dans le plan $g^1$(010) et se voient à travers $h^1$(100). On peut obtenir l'angle vrai des axes et l'angle intérieur de la bissectrice aiguë axec la normale à la plaque, par l'observation simultanée des limites de réflexion totale et des axes optiques sur un cristal immergé dans de l'iodure de méthylène. J'ai obtenu avec six cristaux, pour ces angles 2V et φ, les

valeurs suivantes relatives à la raie D :

| $2V_D$. | $\varphi$. |
|---|---|
| 58°. 2′.40″ | 6°.34′.30″ |
| 58. 8.10 | 6.35.55 |
| 58. 3.10 | 6.58.20 (?) |
| 57. 56.0 | 6.48. 0 |
| 58. 6.40 | 6.36.30 |
| 58. 9.30 | 6.46. 5 |

Je prendrai, comme valeurs moyennes,

$$2V = 58°.5',$$
$$\varphi = 6°40'.$$

La bissectrice aiguë est placée dans l'angle *aigu* des axes cristallographiques et fait par conséquent avec l'axe vertical *c* un angle de 83°20′.

Le signe optique est *négatif*.

2. *Indices pour la raie* D. — Les indices principaux ont été déterminés par la méthode du prisme. Un premier prisme ayant son arête sensiblement parallèle à l'axe binaire m'a donné l'indice moyen. Les faces étaient recouvertes de lames de verre parfaitement planes et parallèles, collées avec de la térébenthine épaissie d'indice 1,4924. Il était dès lors facile, en connaissant l'angle du prisme nu et celui du prisme recouvert de lames, de calculer la petite correction nécessitée par le prisme de térébenthine. On trouve ainsi comme moyenne de plusieurs lectures :

| | | |
|---|---|---|
| Angle du prisme nu..... | | 68°.42′.30″ |
| Angle | du prisme recouvert..... | 68.31.47 |
| Déviation | du prisme recouvert..... | 50.38.56 |

La déviation calculée pour la lame de térébenthine est 10′56″;

on a dès lors pour la valeur brute $n_D = 1,53119$ et pour la valeur corrigée $n_D = 1,53110$.

L'orientation du prisme n'était pas parfaite : on l'a déterminée au moyen des faces témoins. Des valeurs approchées des trois indices permettent de calculer la correction; elle est négative et égale à $-0,00004$. J'ai donc admis pour l'indice moyen la valeur

$$n_m = 1,53106.$$

Les indices maximum et minimum m'ont été donnés par un prisme ayant pour plan bissecteur le plan de symétrie. L'erreur de taille était inférieure à 1°, ce qui donnerait pour les indices une erreur négligeable (0,0000013). Les faces étaient comme dans le premier cas recouvertes de lames planes et parallèles collées avec de la térébenthine épaisse. Le prisme a été repoli au cours des expériences, ce qui donne deux séries de mesures.

*Première série.*

| | | |
|---|---|---|
| Angle du prisme nu | | 61°. 2'. 0" |
| Angle du prisme recouvert | | 61. 3.45 |
| Déviation du prisme recouvert | $n_g$ | 41.17.22,5 |
| | $n_p$ | 40.18.22,5 |
| Indices corrigés | $n_g = 1,533613$, | |
| | $n_p = 1,522961$. | |

*Seconde série.*

| | | |
|---|---|---|
| Angle du prisme nu | | 60°.18'.30" |
| Angle du prisme recouvert | | 60.21.45 |
| Déviation du prisme recouvert | $n_g$ | 40.31.10 |
| | $n_p$ | 39.33.30 |
| Indices corrigés | $n_g = 1,533589$, | |
| | $n_p = 1,522896$, | |
| Moyennes admises | $n_g = 1,53360$, | |
| | $n_p = 1,52293$. | |

Ces valeurs conduisent à une vérification excellente de l'angle des axes :

$$V \begin{cases} \text{calculé} = 29^\circ\ 4'30'', \\ \text{observé} = 29^\circ\ 2'30''. \end{cases}$$

J'avais auparavant essayé de mesurer les indices au moyen de l'appareil à réflexion totale Abbe-Pulfrich. Je n'ai pu observer les limites sur des faces naturelles, non plus que sur des faces amenées au poli parfait par un opticien habile, mais un peu arrondies par le travail du polissage, la substance étant tendre et déformable. Je n'ai obtenu de limites nettes que sur des plaques frottées énergiquement sur un verre dépoli avec interposition d'un peu d'eau; quand l'eau s'évapore le frottement se fait sur la matière solide fixée au verre dépoli. Les limites sont nettes, mais variables suivant qu'on a frotté plus ou moins fortement; avec l'indice minimum, qui a été l'objet de mesures multipliées, les angles de réflexion totale ont varié de 53°41'45" à 53°40'2",5; ce qui donne les indices 1,52318 et 1,52373 différant de + 0,00025 et de + 0,00080 de l'indice fourni par le prisme. Avec l'indice maximum on a les valeurs extrêmes 1,53409 et 1,53387, avec les différences + 0,00049 et + 0,00027, et avec l'indice moyen les valeurs extrêmes 1,53165 et 1,53149 et les différences + 0,00059 et + 0,00043. Ce sont des résultats un peu plus marqués mais tout à fait du même genre que ceux que j'ai obtenus dans des mesures comparatives d'indices par le prisme et par la réflexion totale [1]; en opérant sur le sel gemme, la sylvine, le gypse, j'ai trouvé des différences s'élevant à + 0,00022, tandis qu'il n'y avait pas de différences sensibles pour des corps plus durs tels que la calcite ou les verres. Ceci montre une fois de plus combien il faut se méfier

---

[1] H. Dufet, *Bull. Soc. de Minér.*, t. XIV, 1891, p. 130.

des résultats de la réflexion totale toutes les fois que la substance est tendre et qu'on est obligé de frotter énergiquement pour avoir des faces planes.

3. *Dispersion des indices principaux.* — Pour obtenir la dispersion des indices principaux j'ai mesuré sur mes prismes la différence de déviation entre la raie D et les raies du lithium, du thallium et de l'hydrogène. Les causes d'erreur qui avaient conduit à de petites corrections, pour les indices relatifs à la raie D, sont sans influence appréciable pour les différences d'indices, même, comme je l'ai vérifié par le calcul, pour la raie la plus réfrangible, la raie violette de l'hydrogène. Je trouve ainsi pour les différences d'indices :

| | Indices | | |
|---|---|---|---|
| | maximum. | moyen. | minimum. |
| D — *Li*..... | 0,00308 | 0,00318 | 0,00307 |
| D — C..... | 0,00260 | 0,00268 | 259 |
| *Tl* — D..... | 0,00271 | 0,00282 | 270 |
| F — D..... | 0,00600 | 0,00618 | 599 |
| $H_\gamma$ — D..... | 0,01086 | 0,01116 | 1086 |

Les valeurs trouvées se laissent très bien représenter par une formule à quatre termes

$$n = A + B.\frac{1}{\lambda^2} + C.\frac{1}{\lambda^4} - D.\lambda^2,$$

avec les valeurs suivantes des coefficients :

| | A. | B. | C. | D. |
|---|---|---|---|---|
| Ind. maximum.... | 1,527007 | 0,0027540 | 0,0001506 | 0,007448 |
| Ind. moyen..... | 1,524000 | 0,0029441 | 0,0001423 | 0,007479 |
| Ind. minimum.... | 1,516550 | 0,0026707 | 0,0001597 | 0,007588 |

les longueurs d'onde étant exprimées en *millièmes* de millimètre.

On obtient ainsi le Tableau suivant :

*Indice maximum.*

| Raies. | Longueurs d'onde. | Indice mesuré. | Indice calculé. | Obs. — Calc. |
|---|---|---|---|---|
| | μ | | | |
| *Li*..... | 0,6708 | 1,53052 | » | » |
| C..... | 0,6563 | 1,53100 | 1,531005 | $-0,5 \times 10^{-5}$ |
| D..... | 0,5893 | 1,53360 | » | » |
| *Tl*..... | 0,5350 | 1,53631 | 1,536335 | — 2,5 |
| F..... | 0,4861 | 1,53960 | » | » |
| $H_\gamma$..... | 0,4341 | 1,54446 | » | » |

*Indice moyen.*

| Raies. | Indice. mesuré. | Indice. calculé. | Obs. — Calc. |
|---|---|---|---|
| *Li*..... | 1,52788 | » | » |
| C..... | 1,52838 | 1,528381 | $-0,1 \times 10^{-5}$ |
| D..... | 1,53106 | » | » |
| *Tl*..... | 1,53388 | 1,533882 | — 0,2 |
| F..... | 1,53724 | » | » |
| $H_\gamma$..... | 1,54222 | » | » |

*Indice minimum.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Li*..... | 1,51986 | » | » |
| C..... | 1,52034 | 1,520343 | $-0,3 \times 10^{-5}$ |
| D..... | 1,52293 | » | » |
| *Tl*..... | 1,52563 | 1,525658 | — 2,8 |
| F..... | 1,52892 | » | » |
| $H_\gamma$..... | 1,53379 | » | » |

Il paraît bien résulter du calcul que les valeurs des indices maximum et minimum pour la raie du thallium, mesurés en même temps sur le même prisme, sont affectées d'une erreur expérimentale atteignant 2 à 3 unités du cinquième ordre (*voir* plus loin p. 156),

On remarquera l'importance qu'a dans la dispersion de ce corps le terme en $\lambda^2$, qu'on appelle souvent le *terme de Briot;* la courbe, ayant pour ordonnées les indices et pour abscisses les valeurs de $\frac{1}{\lambda^2}$ présente un point d'inflexion au milieu du spectre visible. Ce point d'inflexion est donné par $\frac{d^2 n}{\left(d\frac{1}{\lambda^2}\right)^2} = 0$ ou $\lambda = \sqrt[4]{\frac{C}{D}}$; on a, pour les trois indices, les valeurs très voisines :

| | |
|---|---|
| Ind. maximum ..... | $\lambda = 0^{\mu},522$ |
| Ind. moyen ..... | $\lambda = 0,517$ |
| Ind. minimum ..... | $\lambda = 0,525$ |

On se rendra bien compte de la forme de la courbe, en calculant la différence entre les indices observés et ceux que donnerait, pour la raie du lithium et la raie violette de l'hydrogène, la tangente à la courbe au point d'inflexion, utilisée comme courbe donnant les indices. Le calcul fait pour l'indice moyen donne :

| | Calculé. | Mesuré. | Obs. — Calc. |
|---|---|---|---|
| *Li*..... | 1,52811 | 1,52788 | $-23 \times 10^{-5}$ |
| $H_\gamma$..... | 1,52212 | 1,52222 | $+10 \times 10^{-5}$ |

4. *Dispersion des axes optiques.* — Pour obtenir l'angle des axes pour différentes couleurs, et la dispersion des bissectrices situées dans le plan de symétrie, j'ai utilisé deux plaques sensiblement perpendiculaires à chacun des deux axes optiques. Une observation préliminaire donne l'angle que fait avec la normale à la plaque l'axe *intérieur* pour la raie D ; on peut donc calculer l'angle *extérieur* dans l'air. En mesurant l'angle que font, dans l'air, l'axe pour une couleur déterminée et l'axe pour la raie D, on a l'angle *extérieur* et par calcul

l'angle *intérieur* de cet axe avec la normale à la plaque, et par suite avec l'axe *intérieur* pour la raie D.

On a trouvé précédemment (p. 149) que l'angle des axes pour la raie D était égal à 58°5′ et que la bissectrice aiguë faisait dans l'angle aigu des axes cristallographiques un angle de 6°40′ avec la normale à $h^1$ (100), et par conséquent avec l'axe vertical un angle de 83°20′. En admettant ces valeurs, on a pour les angles $V_1$ et $V_2$ des deux axes optiques avec la normale à $h^1$ (100) :

| Raies. | $V_1$. | $V_2$. |
|---|---|---|
| *Li* | 36°.10′.55″ | 23°. 2′.30″ |
| C | 36. 3.15 | 22.55.45 |
| D | 35.42.30 | 22.22.30 |
| *Tl* | 35.14.30 | 21.49. 5 |
| F | 34.31.50 | 21.10.10 |
| $H_\gamma$ | 33.27.30 | 20.10.10 |

D'où, pour l'angle intérieur des axes optiques ($2V = V_1 + V_2$), pour l'angle de la bissectrice aiguë avec la normale à $h^1$ ($2\varphi = V_1 - V_2$), et pour l'angle $\pi - \varphi$ de cette même bissectrice aiguë avec l'axe vertical, dans l'angle *aigu* des axes cristallographiques, les valeurs :

| Raies. | 2 V. | $\varphi$. | $\pi - \varphi$. |
|---|---|---|---|
| *Li* | 59°.13′.25″ | 6°.34′.12″,5 | 83°.25′.47″,5 |
| C | 58.59. 0 | 6.34.15 | 83.25.45 |
| D | 58. 5. 0 | 6.40. 0 | 83.20. 0 |
| *Tl* | 57. 3.35 | 6.42.42,5 | 83.17.17,5 |
| F | 55.42. 0 | 6.40.50 | 83.20.10 |
| $H_\gamma$ | 53.37.40 | 6.38.40 | 83.21.20 |

On voit donc que la dispersion des axes optiques est assez forte, mais celle des axes d'élasticité sensiblement nulle.

Les valeurs de l'angle des axes optiques, calculées au moyen des indices, s'accordent très bien avec les valeurs expérimen-

tales. Le Tableau suivant contient les angles des axes calculés au moyen des valeurs des indices données par les formules précédemment établies (*voir* p. 152), et les valeurs de l'indice moyen calculées au moyen de l'angle des axes *mesuré* et des valeurs *calculées* des indices maximum et minimum. L'accord entre le calcul et l'observation, pour la raie du thallium, montre la réalité de l'erreur signalée page 153.

| Raies. | 2V calculé. | Obs. — Calc. | $n_m$ calculé. | Obs. — Calc. |
|---|---|---|---|---|
| *Li*..... | 59°.20′.20″ | — 6′.55″ | 1,527894 | $-1,4\times10^{-5}$ |
| C..... | 59.13. 0 | —14. 0 | 1,528400 | —2,0 |
| D..... | 58. 9. 0 | — 4. 0 | 1,531065 | —0,5 |
| *Tl*..... | 57. 2. 0 | + 1.35 | 1,533880 | 0 |
| F..... | 55.49.40 | — 7.40 | 1,537250 | —1,0 |
| $H_\gamma$..... | 53.40.20 | — 2.40 | 1,542223 | —0,3 |

Les observations ont été faites à une température voisine de 15°C.; je n'ai pas observé d'influence sensible de la température sur l'angle des axes.

---

## Recherches expérimentales sur l'existence de la polarisation rotatoire dans les cristaux biaxes;

Par M. H. Dufet.

Quelques années après que Airy eut expliqué, à l'aide d'hypothèses, que l'observation a justifiées *a posteriori* d'une façon plus ou moins complète, les phénomènes présentés par le quartz dans le voisinage de l'axe optique, dès 1837, Mac Cullagh [1], dans un essai de théorie de la polarisation rotatoire, arrivait à cette conclusion que les biaxes pouvaient

[1] Mac Cullagh, *Irish Acad. Trans.*, t. XVII, part 3, p. 461. — *Proceed. of Ir. Acad.*, 1837-1840, p. 184.

aussi posséder la polarisation rotatoire, qu'en général la polarisation y est elliptique, qu'elle devient circulaire dans la direction des axes optiques, et que par suite, dans cette direction, certains cristaux biaxes devaient présenter des phénomènes analogues à ceux qu'on rencontre dans le quartz. Aucun essai de vérification ne fut fait. Verdet (1), rapportant les résultats de Mac Cullagh, insiste sur les difficultés d'une vérification expérimentale: « Dans les cristaux à un axe, le rayon ordinaire a une vitesse constante, et le rayon extraordinaire acquiert sa vitesse maximum ou minimum lorsqu'il se meut dans la direction de l'axe. Il en résulte que les phénomènes varient très lentement dans le voisinage de l'axe. Dans les cristaux à deux axes, au contraire, l'axe optique est une direction suivant laquelle les vitesses des deux rayons sont fortuitement égales; aucune d'elles n'y est maximum ou minimum, et elles varient rapidement dès qu'on s'en écarte. On conçoit donc que les propriétés rotatoires suivant les axes optiques seraient très difficiles à mettre en évidence. »

Le résultat de Mac Cullagh fut retrouvé par tous ceux qui s'occupèrent théoriquement de la question (2). Une vérification expérimentale est due à M. Beaulard (3), qui étudia le pouvoir rotatoire dans le quartz rendu biaxe par compression; il montre, en employant la lumière parallèle, que dans un

---

(1) Verdet, *Optique physique*, t. II, 1870, p. 326.

(2) Clebsch, *Journal de Crelle*, t. 57, 1860, p. 355. — Boussinesq, *Journ. de Liouville*, 2e série, t. XIII, 1868, p. 336. — Von Lang, *Pogg. Ann.*, Ergänz. — B. VIII, 1878, p. 618. — W. Gibbs, *Amer. J. of Sc.*, 3e série, t. XXXIII, 1882, p. 460. — Voigt, *Wied. Ann.*, t. XIX, 1883, p. 897. — Goldhammer, *Journ. de Phys.*, 3e série, t. I, 1890, p. 205. — O. Weder, *N. Jahrb. f. Miner.*, Beil. — B. XI, 1897, p. 1-45. — Chipart, *Théorie gyrostatique de la lumière*, Paris, 1904, p. 40.

(3) Beaulard, *Sur la coexistence du pouvoir rotatoire et de la double réfraction dans le quartz*. (*Thèse* de la Faculté de Paris, Marseille, 1893. Résumé dans *J. de Phys.*, 3e série, t. II, 1893, p. 472.)

quartz comprimé, dans lequel l'angle des axes était de 8° environ, un rayon circulaire se propage sans altération dans les directions des axes optiques acquis par compression et avec une vitesse différente suivant le sens de gyration. La remarque de Verdet subsiste pourtant, car le quartz comprimé de M. Beaulard nous donne à coup sûr un biaxe, mais d'une biréfringence exceptionnellement faible dans le voisinage des axes optiques.

En 1901 paraît un Mémoire de M. Pocklington [1], qui présente cet intérêt capital que l'auteur a le premier donné une méthode générale d'observation. Partant, comme l'avait fait W. Gibbs, de la théorie électromagnétique de la lumière, il arrive à des conséquences qui, pour les uniaxes, concordent absolument avec les résultats d'Airy, ou mieux avec ceux de M. Gouy. Ce savant, on le sait, a donné une théorie de la polarisation rotatoire [2] où il retrouve, avec des hypothèses beaucoup mieux établies que celles d'Airy, les résultats de ce dernier : suivant chaque direction, dans un milieu cristallisé, peuvent se propager deux vibrations elliptiques, de rotation inverse, géométriquement semblables et ayant leurs grands axes rectangulaires ; la vibration, ayant une gyration de même sens que le pouvoir rotatoire du milieu, prend l'avance; l'excentricité des ellipses est fonction du retard qui serait donné par la double réfraction à des vibrations rectilignes dans le cas où le pouvoir rotatoire n'existerait pas.

M. Pocklington, retrouvant ce résultat pour les biaxes, fait remarquer que, sur une plaque taillée perpendiculairement à un axe optique et examinée en lumière convergente entre deux nicols croisés, la branche d'hyperbole qui traverse les anneaux circulaires obtenus dans ce cas ne sera pas noire, mais le

---

(1) Pocklington, *Philos. Magaz.*, 6e série, t. II, 1901, p. 361.

(2) Gouy, *Sur les effets simultanés du pouvoir rotatoire et de la double réfraction* (*J. de Phys.*, 2e série, t. IV, 1885, p. 149).

deviendra, pendant que les anneaux se disloqueront, si l'on tourne dans un sens convenable le nicol analyseur. Si la lumière est analysée circulairement, on obtient une spirale de même sens que le pouvoir rotatoire suivant l'axe.

M. Pocklington a vérifié ces faits sur le sucre de canne et le sel de Seignette potassique. Le sucre cristallise, comme on sait, dans le système clinorhombique, avec hémiédrie non superposable [$L^2$, oC, oP]; les axes optiques sont dans $g^1$ (010); l'un d'eux fait avec l'axe vertical, dans l'angle *obtus* des axes cristallographiques, un angle de 42°55′, l'autre un angle de 90°35′ : il est donc à peu près normal à $h^1$ (100), plan de clivage parfait. Le pouvoir rotatoire pour le premier axe (axe *fort*) est *droit* et égal à $+ 64° \pm 6$ ; pour le second axe (axe *faible*), il est *gauche* et égal à $- 22° \pm 2$, pour une épaisseur de $1^{cm}$. La rotation pour le sucre fondu, calculée d'après le pouvoir rotatoire des dissolutions, serait de $+ 10°$.

Avec l'analyseur circulaire, M. Pocklington, opérant sur des plaques trop minces, n'a vu que le commencement de la spirale ; les tours de spire sont rapidement *décalés*, dès qu'on s'éloigne de l'axe, au voisinage de la position qu'occupe en lumière polarisée rectilignement l'hyperbole neutre. Le phénomène rappelle celui des cristaux n'ayant pas de pouvoir rotatoire; dans ceux-ci, l'hyperbole neutre prend une intensité $\frac{1}{2}$, et les demi-anneaux placés de part et d'autre de l'hyperbole sont contractés ou dilatés d'un quart de la distance qui les sépare du suivant. Les figures 1 et 2, planche I, représentent les spirales pour les deux axes du sucre, obtenues avec deux plaques de $4^{mm}$ d'épaisseur et pour la raie violette de l'arc au mercure ($\lambda = 0^{\mu},4358$). La vibration incidente est parallèle au plan des axes optiques. L'analyseur est un analyseur circulaire; en changeant le sens de rotation de la vibration circulaire transmise, on fait tourner la spirale de rotation de 180°, sans changer sa forme. Dans ces photographies,

$1^{cm}$ répond à un angle des rayons *extérieurs* égal à 3° (¹).

Pour le sel de Seignette potassique $[(C^4H^4O^6)NaK + 4H^2O]$, M. Pocklington donne la valeur approchée + 12° par centimètre; ici le sel est orthorhombique, avec hémiédrie holoaxe $[L^2, L'^2, L''^2]$, et la rotation est la même suivant les deux axes.

J'ai cherché à étendre les observations à d'autres sels en rendant le procédé d'observation plus facile et d'un emploi plus général. M. Pocklington observe les plaques entre deux nicols, sans appareil convergent, ce qui revient à l'emploi de la pince à tourmalines; il n'est guère possible par ce moyen, avec des cristaux médiocrement biréfringents, comme le sucre, d'observer des plaques de plus de $6^{mm}$ à $7^{mm}$ d'épaisseur; les anneaux sont trop serrés. M. Pocklington indique une autre méthode qui permettrait d'étudier des plaques plus épaisses, mais exige des plaques assez étendues et bien homogènes; elle consiste à placer la plaque devant l'objectif d'une lunette, en mettant le polarisateur en avant de la plaque et l'analyseur en arrière de l'oculaire.

On pourra étudier des substances très biréfringentes, en plaques assez épaisses, en modifiant légèrement les microscopes employés pour les observations en lumière convergente. On sait que dans ces instruments, microscope ordinaire ou appareil à angle des axes, l'image réelle des courbes isochromatiques formée dans le plan focal d'un objectif très convergent (*focus*) est examinée à l'aide d'une lentille auxiliaire, formant avec l'oculaire un nouveau microscope de faible grossissement. Il suffira de remplacer le *focus* par un objectif très faible, et la lentille auxiliaire par une lentille plus puissante ou un objectif de grossissement moyen. On peut ainsi

(¹) M. Cotton, maître de conférences à l'École Normale, m'a prêté son concours pour l'obtention de ces photographies avec une complaisance dont je le remercie vivement.

PLANCHE I.

Fig. 1.

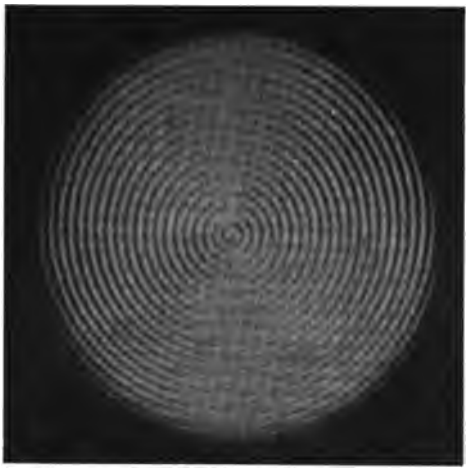


Fig. 2.

PLANCHE II.

Fig. 3.

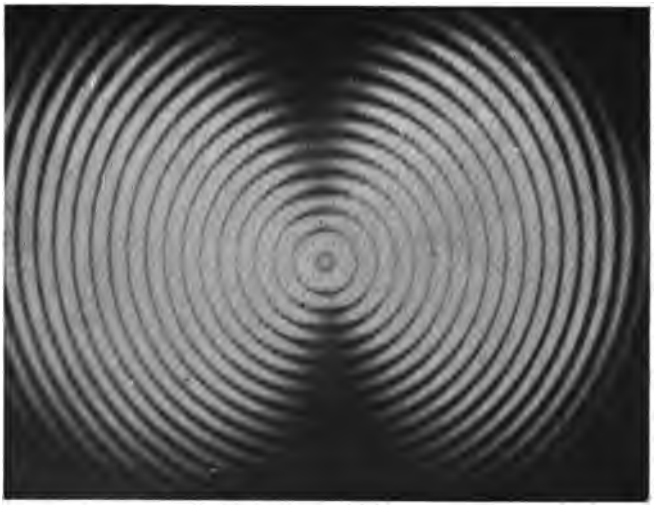
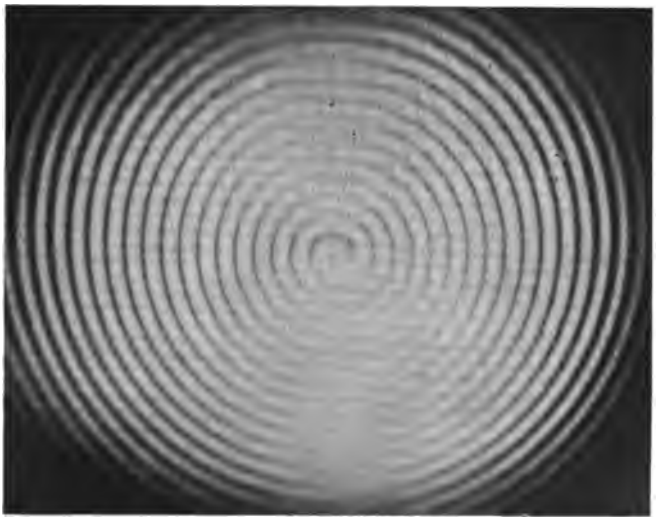


Fig. 4.



étudier des corps très biréfringents, comme l'acide tartrique, où la biréfringence maximum atteint 0,109, sous une épaisseur de $1^{cm}$.

J'ai vérifié d'abord les résultats de M. Pocklington ; pour le sucre de cannes, j'ai retrouvé les mêmes valeurs dans les limites des erreurs d'expérience. Pour le sel de Seignette potassique, je trouve une rotation un peu plus forte, + 13°,5 au lieu de + 12°.

Avec le sel de Seignette ammoniacal

$$[(C^4H^4O^6)NaAzH^4 + 4H^2O],$$

on a une rotation *gauche* de — 15°,5 par centimètre. Les deux sels sont droits en dissolution avec des pouvoirs rotatoires presque égaux. Mais il faut remarquer que dans ces deux sels isomorphes les axes optiques occupent des positions très différentes, et le changement de signe prouverait simplement que, comme dans le sucre, le pouvoir rotatoire cristallin est très variable avec la direction. En effet, dans le sel potassique, les axes optiques, placés dans $g^1$(010), ont pour bissectrice aiguë l'axe horizontal $a$ et font un angle $2V_D = 71°30'$, tandis que, dans le sel ammoniacal, ils sont placés dans $h^1$(100), ont pour bissectrice aiguë l'axe vertical $c$ et font un angle

$$2V_D = 59°40'.$$

Au même système orthorhombique, avec le même genre d'hémiédrie, appartient le $d$-méthyl-$\alpha$-glucoside,

$$C^6H^{11}(CH^3)O^6.$$

Il est dextrogyre en dissolution avec un pouvoir rotatoire considérable, $[\alpha_D] = 157°,5$. Les cristaux donnent suivant les axes une rotation *droite* de + 44° par centimètre.

L'hémiédrie non superposable du système orthorhombique se présente dans quelques cristaux dont les dissolutions sont absolument inactives, et où par conséquent l'existence du pouvoir rotatoire cristallin tient uniquement à un phénomène de structure tout à fait indépendant de la symétrie ou de la dissymétrie de la molécule.

1° Le sulfate de magnésie ordinaire (sel d'Epsom) cristallise avec sept molécules d'eau en cristaux hémièdres. Il m'a donné une rotation *gauche* de $-26°$ environ par centimètre. Les quelques cristaux assez volumineux et limpides pour se prêter à l'observation avaient la même forme, la face du sphénoèdre terminal à gauche et en haut en regardant l'angle obtus du prisme, et tous les trois tournaient à gauche. Il n'est pas douteux que des cristaux symétriques de ceux-ci donneraient une rotation droite.

2° Le phosphate monosodique $PO^4NaH^2$ peut cristalliser avec deux molécules d'eau. Nous l'avons montré, A. Joly et moi, il y a un certain nombre d'années [1]. Les cristaux que j'ai obtenus récemment, comme ceux que j'avais étudiés autrefois, présentent tous la même forme, les faces $a^1$ (101) et $e^1$ (011) dominantes avec la face hémièdre $b^1$ à gauche et en haut ($1\bar{1}2$). Ils ont le même pouvoir rotatoire à *droite*; la valeur moyenne obtenue sur 5 bons cristaux est $+44°,5$.

L'arséniate monosodique $AsO^4NaH^2 + 2H^2O$ est complètement isomorphe avec le phosphate et doit présenter un pouvoir rotatoire voisin ; mais je n'ai pu, à cause de l'élévation de la température, obtenir de bons cristaux de ce sel.

3° Le formiate de strontiane, étudié par Pasteur, qui avait essayé inutilement, nous savons pourquoi aujourd'hui, d'obtenir avec ce sel des dissolutions actives, ne présente pas,

---

(1) A. Joly et H. Dufet, *Sur l'orthophosphate et l'arséniate monosodique* (*Bull. Soc. de Miner.*, t. IX, 1886, p. 194).

malgré son hémiédrie, de pouvoir rotatoire sensible sous une épaisseur de $9^{mm},5$.

Dans le système clinorhombique, j'ai observé la polarisation rotatoire dans l'acide tartrique et dans le rhamnose ou isodulcite.

L'acide tartrique a pour bissectrice obtuse des axes optiques l'axe binaire qui est le seul élément de symétrie du cristal; les axes optiques sont donc symétriques par rapport à cet axe, et par conséquent sont identiques au point de vue du pouvoir rotatoire. L'acide tartrique ordinaire (acide dextrotartrique) présente suivant les axes une rotation *gauche* plus marquée que dans les corps précédents. J'ai mesuré la rotation pour la raie D sur quatre plaques d'épaisseurs très différentes, et suis arrivé aux nombres suivants:

| Épaisseur. | Rotation pour $1^{cm}$. |
|---|---|
| $^{mm}$ 2,1 | — 116° |
| 3,3 | — 113,5 |
| 8,7 | — 112 |
| 9,8 | — 114,5 |

J'admettrai la valeur moyenne — 114° par centimètre.

J'ai mesuré, sur la plaque de $9^{mm},8$, les pouvoirs rotatoires pour les raies du lithium et du thallium, et j'ai obtenu les valeurs suivantes:

| Raies. | Longueurs d'onde. | Rotation pour $1^{cm}$. |
|---|---|---|
| *Li*..... | $^{\mu}$ 0,6708 | — 85°, 5 |
| D..... | 0,5893 | — 114 |
| *Tl*..... | 0,5350 | — 142,25 |

C'est là une dispersion tout à fait normale. Une plaque de quartz qui donnerait une rotation de 114° pour la raie D donnerait pour le lithium 87° et pour le thallium 140°.

Ce fait est intéressant à signaler à cause des anomalies que

présente l'acide tartrique en dissolution. Le pouvoir rotatoire est presque constant dans l'étendue du spectre visible, avec un maximum qui se déplace du violet vers le rouge quand la concentration augmente, ou quand la température diminue. Ce pouvoir *dextrogyre* diminue quand la concentration augmente et finit par changer de signe pour des dissolutions aqueuses sursaturées et les rayons les plus réfrangibles du spectre. Le même phénomène se produit avec les dissolutions alcooliques.

La seconde substance clinorhombique étudiée est le rhamnose. J'ai repris complètement l'étude de ses propriétés optiques ; les résultats sont rapportés dans la Note qui précède celle-ci (*voir* p. 148). Ce corps qui, à l'état surfondu ou en dissolution aqueuse, est faiblement *dextrogyre*, et *lévogyre* dans l'alcool, est de beaucoup, parmi ceux que j'ai étudiés, celui qui permet le plus facilement l'observation des phénomènes de polarisation rotatoire cristalline. Comme je l'ai dit dans la Note précédente, les axes optiques, placés dans le plan $g^1$ (010), peuvent s'observer, soit dans l'air, soit dans un liquide réfringent, comme l'iodure de méthylène, à travers la face $h^1$ (100) dont la normale fait un angle de 6° 40′ avec la bissectrice aiguë. Connaissant l'épaisseur du cristal et les angles que font les axes intérieurs avec la normale à la plaque, on a l'épaisseur traversée ; les résultats concordent d'ailleurs parfaitement avec ceux obtenus sur des plaques taillées normalement aux axes optiques.

La rotation est *gauche* pour les deux axes ; elle atteint, pour la lumière du sodium, la valeur considérable de — 129° pour l'un des axes (axe *fort*), celui qui est le plus éloigné de la normale à la face d'observation, et pour l'autre axe (axe *faible*) elle est de — 54° par centimètre. Ces nombres sont la moyenne des mesures effectuées sur 10 cristaux, où l'épaisseur traversée a varié de $5^{mm}$ à $11^{mm},5$.

Le rhamnose est peu biréfringent; la biréfringence maximum est 0,0107, tandis qu'elle est 0,033 dans le sucre et 0,0109 dans l'acide tartrique; aussi les phénomènes sont-ils très marqués. Sur l'axe fort, dès que l'épaisseur atteint $5^{mm}$ ou $6^{mm}$, l'hyperbole neutre disparaît complètement au centre des anneaux; les premiers anneaux se contractent ou se dilatent, avec une faible déformation, par la rotation de l'analyseur, en rappelant d'une façon frappante les phénomènes qu'on observe avec le quartz. Avec un analyseur circulaire, on obtient une spirale régulière sur plus de 10 tours.

La pince à tourmalines convient très bien pour l'observation. Il faut, bien entendu, opérer avec la lumière monochromatique, car les axes optiques sont notablement dispersés, 3° environ pour chaque axe, entre la lumière du lithium et la raie violette de l'hydrogène ($\lambda = 0^{\mu},4341$).

Les figures 3 et 4 (Planche II) représentent les anneaux et la spirale, pour la raie violette du mercure ($\lambda = 0^{\mu},4358$), observés sur une plaque normale à l'axe fort, ayant une épaisseur de $6^{mm},27$. Dans ces figures, comme dans les précédentes, une longueur de $1^{cm}$ répond à un angle des rayons *extérieurs* égal à 3°. La vibration incidente est parallèle au plan des axes optiques. La bissectrice aiguë se trouve en haut, par rapport à l'axe observé.

J'ai étudié la dispersion de pouvoir rotatoire pour l'axe *fort* sur une plaque de $8^{mm},95$. Ici encore la dispersion est normale. Dans le Tableau suivant, je donne les résultats observés, ceux calculés par la formule

$$\rho = 59,68 + 7,69 \frac{1}{\lambda^2} + 5,69 \frac{1}{\lambda^4}$$

et les rotations que donnerait une plaque de quartz d'épaisseur convenable.

| Raies. | Longueurs d'onde. | Rotation pour 1cm. observée. | Rotation pour 1cm. calculée. | Rotation du quartz. |
|---|---|---|---|---|
| | μ | ° | ° | ° |
| *Li*..... | 0,6708 | — 104 | — 105 | 98.2 |
| D ..... | 0,5893 | — 129 | — 129 | 129.0 |
| *Tl*..... | 0,5350 | — 155 | — 156 | 158.2 |
| F..... | 0,4861 | — 195 | — 194 | 194.8 |
| *Hg*..... | 0,4358 | — 261 (app.) | — 258 | 246.8 |

Je voudrais en terminant appeler l'attention des observateurs sur une conséquence des calculs de Willard Gibbs et de M. Chipart. Les cristallographes et les physiciens ont toujours affirmé d'une manière plus ou moins explicite que, si l'on arrivait à montrer expérimentalement le pouvoir rotatoire dans les biaxes, ce ne serait que dans les corps qui donnent une forme cristalline non superposable à son image, comme c'est le cas général dans les substances qui possèdent en dissolution le pouvoir rotatoire moléculaire. En fait, c'est dans des cristaux de ce groupe que M. Pocklington, et moi-même en suivant la voie tracée par lui, l'avons rencontré. « C'est avec une probabilité qui touche à la certitude, dit Ch. Soret [1], que l'on peut dire que le pouvoir rotatoire ne se rencontre que dans les milieux hémiédriques à formes conjuguées non superposables. » Cette opinion est corrélative de cette autre que le pouvoir rotatoire ne dépend pas de la direction ; c'est en particulier ce qu'avait admis von Lang. On voit ce qu'il en faut penser aujourd'hui. W. Gibbs était au contraire arrivé à la conséquence formelle que le pouvoir rotatoire était variable avec la direction, qu'il pouvait changer de signe dans un même cristal ; ne développant ses calculs que dans le cas des uniaxes, il indique un nouveau groupe de cristaux hémièdres pouvant posséder le pouvoir rotatoire ; c'est celui des cristaux

[1] Ch. Soret, *Arch. de Genève* (3e Pér.), t. XI, 1884, p. 414.

quadratiques présentant l'hémiédrie sphénoédrique

$$[A^2, 2L^2, 2P'].$$

Le pouvoir rotatoire aurait des valeurs égales et contraires suivant deux directions symétriques par rapport à un plan, et des valeurs égales et de même sens suivant deux directions symétriques par rapport à un axe. Il serait bien difficile, il est vrai, à mettre en évidence, puisqu'il serait assurément nul suivant la direction de l'axe principal et n'atteindrait de valeur notable que dans des directions où la coexistence de la double réfraction ordinaire rendrait sa constatation sinon impossible, au moins singulièrement délicate.

M. Chipart (1) indique comme pouvant posséder le double pouvoir rotatoire, outre les cristaux présentant la tétartoédrie sphénoédrique du système quadratique où il offrirait les mêmes caractères et les mêmes difficultés de constatation que dans le cas indiqué par W. Gibbs, deux autres cas qui pourront permettre une vérification facile, non, à ce qu'il semble, avec les cristaux connus actuellement, mais avec d'autres que peuvent inopinément nous offrir les préparations de corps nouveaux si fréquentes en chimie organique. C'est d'abord l'hémiédrie hémimorphe du système orthorhombique,

$$[L^2, P', P''],$$

dans le cas où les axes optiques seraient dans un plan perpendiculaire à l'axe d'hémimorphisme, plan qui est une des sections principales de l'ellipsoïde optique. On pourrait avoir suivant ces deux axes des pouvoirs rotatoires égaux et de signe contraire. Je dois dire, qu'ayant examiné à ce sujet la *résorcine* $C^6H^4(OH)^2$ 1.3., qui, comme l'a montré M. P. Groth (2), présente, avec l'hémiédrie hémimorphe, la disposi-

(1) Chipart, *loc. cit.*, p. 21.
(2) Groth, *Physik. Kristall.*, 3e éd. 1895, p. 386.

tion des axes optiques indiquée ci-dessus, je n'ai constaté aucun phénomène de polarisation rotatoire sur une épaisseur de près d'un centimètre. Le dernier cas est celui de l'hémiédrie superposable du système clinorhombique ($oL^2, oC, P$), dans le cas où une des bissectrices des axes optiques serait normale au plan de symétrie. M. Chipart [1] retrouve plus loin par son analyse le fait évident que de semblables cristaux, s'ils possèdent la polarisation rotatoire cristalline, ne sauraient donner de dissolutions actives, et qu'il n'y a à jouir de cette propriété que les cristaux à hémiédrie non superposable.

---

(1) CHIPART, *loc. cit.*, p. 59.

---

*Le Secrétaire, gérant :*

MAURICE BLONDEL.

34644 Paris. — Imprimerie GAUTHIER VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1904. — BULLETIN N° 7.

## Des macles secondaires et du polymorphisme;

Par M. FRÉD. WALLERANT.

A plusieurs reprises, j'ai entretenu la Société des macles secondaires, mais ce n'est que progressivement que j'ai pu établir une théorie complète de ces déformations si intéressantes, et des conséquences que l'on en peut tirer relativement au polymorphisme. Je crois donc qu'il n'est pas inutile de reprendre la question dans son ensemble, pour préciser les résultats auxquels je suis parvenu.

Depuis la belle expérience de Baumhauer sur la calcite, on a pu définir d'une façon précise la nature de la déformation, donnant naissance aux macles secondaires : cette déformation est le résultat d'une translation proportionnelle, c'est-à-dire que chaque point se déplace parallèlement à une droite d'un plan proportionnellement à sa distance à ce plan. Mais, pour que cette déformation donne naissance à un cristal symétrique du cristal primitif, il faut qu'elle satisfasse, ainsi que le cristal, à certaines conditions, qui avaient échappé jusqu'ici.

Je rappellerai tout d'abord quelques définitions.

Dans une translation proportionnelle, les points se déplacent proportionnellement à leur distance à un plan, qui est le plan de glissement; le plan perpendiculaire au plan de glissement et parallèle à la translation est le plan de symétrie de la déformation, la droite d'intersection des plans de glissement et de symétrie est l'arête de glissement; la translation d'un point situé à l'unité du plan de glissement est égale au coefficient de glissement, que nous désignerons par $k$. Les figures situées dans les plans parallèles au plan de glissement ne subissent aucune déformation, elles sont simplement déplacées. Il en est de même des figures, situées dans les plans perpendiculaires au plan de symétrie et faisant avec la direction négative de la translation un angle $\alpha$, tel que

$$\cot \alpha = \frac{k}{2}.$$

Ces plans sont les plans de nulle déformation; par la déformation, ces plans sont amenés dans une position symétrique relativement au plan de glissement et à la normale à ce plan, et ce sont d'ailleurs les seuls qui jouissent de cette propriété. De même les seules droites, qui soient amenées dans une position symétrique relativement au plan de glissement et à la normale à ce plan, sont les droites d'intersection des plans de symétrie et des plans de nulle déformation. Ces définitions et ces résultats géométriques une fois admis, cherchons les conditions auxquelles doivent être assujettis et la déformation et le cristal, pour que ce dernier soit transformé en son symétrique.

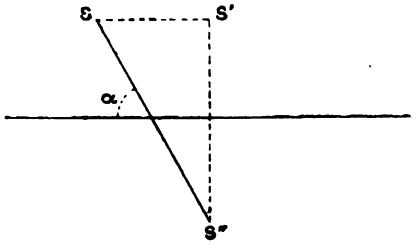
Comme l'a fait remarquer depuis longtemps M. Mügge, dans les applications aux cristaux, il n'y a que deux cas à considérer : dans un cas, le plan de glissement coïncide avec un plan réticulaire, et la droite d'intersection du plan de symétrie et du plan de nulle déformation coïncide avec une ran-

gée; comme, dans ce cas, le cristal est transformé en un cristal symétrique du cristal primitif relativement au plan de glissement, et que les deux cristaux constituent une macle de seconde espèce, M. Mügge désigne cette déformation sous le nom de déformation de seconde espèce. Dans le second cas, l'arête de glissement coïncide avec une rangée, et le plan de nulle déformation avec un plan réticulaire; comme alors les deux cristaux sont symétriques par rapport à l'arête de glissement et constituent une macle de première espèce, la déformation s'appelle de première espèce.

Théorème. — *Pour qu'une translation proportionnelle transforme un polyèdre en son symétrique relativement à son plan de glissement, il faut et il suffit que le plan de glissement soit un plan diamétral du polyèdre, la direction conjuguée étant la droite d'intersection du plan de symétrie et du plan de nulle déformation.*

Soit, en effet, S (*fig.* 1) un sommet du polyèdre; si la défor-

Fig. 1.




mation l'amène en S', pour que le polyèdre soit transformé en son symétrique relativement au plan de glissement, il faut et il suffit que le polyèdre donné possède un sommet S'', symétrique de S' relativement au plan de glissement. Or la droite SS'', qui est évidemment située dans le plan de symé-

trie de la déformation, a son point milieu dans le plan de glissement; en outre, elle fait avec la direction négative de la translation un angle $\alpha$ tel que $2\cot\alpha = k$. Elle est donc parallèle à la droite d'intersection du plan de nulle déformation avec le plan de symétrie. Ce qui démontre le théorème.

Théorème. — *Pour qu'une translation proportionnelle transforme un polyèdre en son symétrique relativement à l'arête de glissement, il faut et il suffit que l'arête de glissement soit un diamètre du polyèdre, le plan conjugué étant le plan de nulle déformation.*

La démonstration de ce théorème est calquée sur la démonstration précédente.

*Déformation de seconde espèce.* — Appliquons tout d'abord ces résultats à la déformation du réseau. Dans la déformation par translation proportionnelle, deux droites, deux plans parallèles sont encore parallèles après la déformation, par conséquent un parallélogramme, un parallélépipède se transforment en un parallélogramme, en un parallélépipède, et un réseau se transforme en un réseau. Mais à quelles conditions le nouveau réseau est-il symétrique du premier relativement au plan de glissement?

Dans une déformation de seconde espèce, le plan de glissement coïncide avec un plan réticulaire, et la droite d'intersection du plan de symétrie et du plan de nulle déformation coïncide avec une rangée dite *rangée principale*. D'après le premier théorème, il faut donc que le plan de glissement soit un plan diamétral du réseau, la direction conjuguée étant celle de la rangée principale.

Or on démontre sans difficulté qu'un plan réticulaire quelconque est, d'une infinité de façons, un plan diamétral du réseau, et que l'on obtient les directions conjuguées en joignant un nœud du plan réticulaire à un nœud, soit du plan

réticulaire limitrophe, soit du plan réticulaire parallèle au plan limitrophe et le suivant immédiatement.

Cherchons, en effet, la condition pour qu'un plan réticulaire $(qrs)$ soit un plan diamétral conjugué à la rangée $(mnp)$. A tout nœud $m'\ n'\ p'$ devra correspondre un nœud $m''\ n''\ p''$, tel que la droite joignant ces deux nœuds soit parallèle à la rangée $(mnp)$, et le milieu du segment de droite joignant ces deux nœuds soit dans le plan $(qrs)$. Il faut donc que les relations suivantes soient satisfaites :

$$q(m+m')+r(n+n')+s(p+p')=0,$$

$$\frac{(m'-m'')}{m}=\frac{(n'-n'')}{n}=\frac{(p'-p'')}{p}$$

On en tire :

$$m''=m'-2\,\frac{qm'+rn'+sp'}{qm+rn+sp},$$

$$n''=n'-2\,\frac{qm'+rn'+sp'}{qm+rn+sp},$$

$$p''=p'-2\,\frac{qm'+rn'+sp'}{qm+rn+sp}.$$

Pour que les nombres $m''$, $n''$, $p''$ soient entiers, quels que soient $m'\ n'\ p'$, il faut ou bien que $qm+rn+sp=\pm 1$, ou bien que $qm+rn+sp=\pm 2$; ce qui démontre le théorème énoncé plus haut.

Ce résultat peut être présenté géométriquement d'autre façon : Considérons la maille du réseau, construite sur trois rangées conjuguées [1]. Cette maille étant un parallélépipède

---

[1] Le mot *conjugué* a dû malheureusement être pris dans deux sens différents pour se conformer aux habitudes : d'une part il est parlé de rangée conjuguée à un plan réticulaire, dans le sens habituel des cristallographes, de l'autre de direction conjuguée à un plan diamétral. Comme il vient d'être démontré, une rangée conjuguée à un plan réticulaire est précisément parallèle à la direction conjuguée de ce même plan considéré comme plan diamétral.

possède neuf plans diamétraux, dont trois, parallèles aux faces, ont leur direction conjuguée parallèle à celle des arêtes qui ne leur est pas parallèle. Les six autres sont les plans passant par deux arêtes parallèles opposées, et la direction conjuguée de l'un de ces plans est la droite joignant les milieux des deux arêtes parallèles opposées, parallèles au plan considéré, et non situées dans ce plan. Ces plans diamétraux de la maille sont également des plans diamétraux du réseau; l'un d'eux étant pris comme plan de glissement, la rangée principale de la déformation devra coïncider avec la direction conjuguée.

Considérons maintenant la particule complexe. Le réseau étant amené dans une orientation symétrique relativement au plan de glissement, il faut qu'il en soit de même de la particule complexe, pour que l'édifice se retrouve identique à lui-même. Tschermak, si je ne me trompe, est le premier à avoir fait cette remarque, et avoir admis que les molécules (particules complexes) tournaient de 180° autour de la normale au plan de glissement, pour venir occuper une position symétrique relativement à ce plan. Mais, outre que ces rotations sont bien difficiles à admettre, de plus cette explication suppose que les molécules possèdent un centre, ce qui n'est pas toujours le cas.

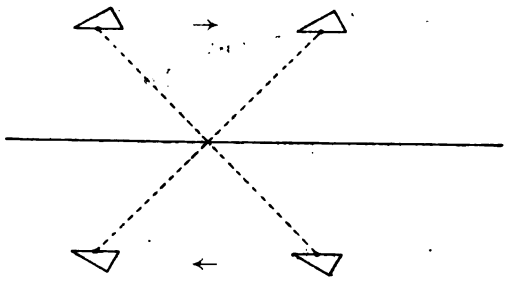
A l'hypothèse admettant la rotation de la particule, je substitue une hypothèse sur la structure du cristal; outre que la première est insuffisante, la seconde a l'avantage d'expliquer la déformation en ne faisant appel qu'aux translations, qui seules nous sont révélées par l'observation; de plus elle rend compte de toutes les particularités des macles secondaires, particularités qui restent inexpliquées dans la première hypothèse.

Mais il faut tout d'abord remarquer que les molécules étant indéformables leurs différents points ne peuvent se déplacer

proportionnellement à leur distance au plan de glissement, puisque cette opération les déformerait ; nous admettrons donc que les molécules se déplacent parallèlement à elles-mêmes, leurs centres de gravité seuls subissent une translation proportionnelle à leur distance au plan de glissement.

Considérons donc le polyèdre ayant pour sommets les centres de gravité des molécules constituant une particule complexe. Pour que ce polyèdre se transforme par la translation en son symétrique par rapport au plan de glissement, il faut et il suffit que ce plan soit un plan diamétral de ce polyèdre, la direction conjuguée étant celle de la rangée principale. En outre, comme après la déformation, de deux centres de gravité diamétralement opposés, l'un occupe la position symétrique de celle de l'autre avant la déformation, il faut, pour que la

Fig. 2.



symétrie soit complètement réalisée, qu'en deux points diamétralement opposés se trouvent deux molécules symétriques et symétriquement orientées (*fig.* 2).

Nous arrivons donc à cette conclusion importante : pour qu'un plan puisse être un plan de glissement, il faut qu'il soit un plan diamétral du réseau et de la particule complexe, c'est-à-dire de l'édifice cristallin, tout au moins en ce qui concerne

les centres de gravité, et qu'en outre les molécules soient symétriquement orientées relativement à ce même plan.

*Déformation de première espèce.* — Dans ce cas, l'arête de glissement coïncide avec une rangée et le plan de nulle déformation avec un plan réticulaire.

Pour que le réseau soit transformé en un réseau symétrique relativement à l'arête de glissement, il faut que celle-ci soit un diamètre du réseau et, par suite, de sa maille, le plan conjugué étant le plan de nulle déformation. Or la maille étant un parallélépipède possède neuf diamètres, qui sont précisément parallèles aux directions conjuguées des neuf plans diamétraux, ceux-ci étant les plans conjugués des neuf diamètres. Il faut donc que l'arête de glissement coïncide avec l'un de ces diamètres, et le plan de nulle déformation avec le plan diamétral conjugué.

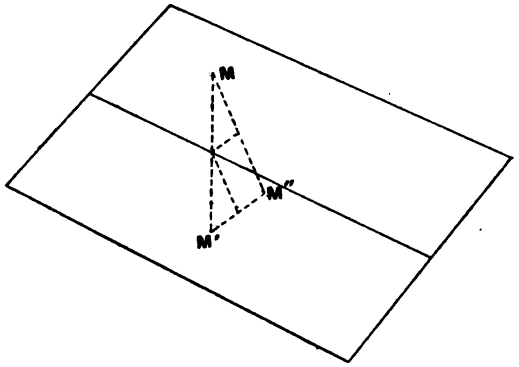
Passons maintenant à la particule complexe. Il faut que la déformation amène les molécules dans une position symétrique de leur position primitive relativement à l'arête de glissement. Par conséquent, celle-ci doit être un diamètre du polyèdre, dont les sommets sont les centres de gravité des molécules, et en outre deux centres de gravité, diamétralement placés, doivent appartenir à deux molécules orientées à 180° autour de cette arête.

Nous arrivons donc à cette conclusion qu'une rangée ne peut être un axe de macle secondaire de première espèce que si elle est un diamètre de l'édifice cristallin, et dans la déformation le plan conjugué sera le plan de nulle déformation.

*Déformation simultanément de première espèce et de seconde espèce.* — Il est des cas où la déformation peut être considérée à la fois comme de première et comme de seconde espèce. Supposons que les plans de glissement et de nulle déformation soient des plans réticulaires, et que l'arête de glissement et la droite d'intersection du plan de nulle déformation et du

plan de symétrie soient des rangées. Si la déformation est do première espèce, à toute molécule M (*fig.* 3) de la particule

Fig. 3.




complexe correspond une molécule M′ diamétralement opposée à M relativement à l'arête de glissement et les deux molécules devront être orientées à 180° autour de cette droite. D'autre part la déformation étant de seconde espèce, à la molécule M correspond une molécule M″ diamétralement opposée à M relativement au plan de glissement et les deux molécules devront être symétriquement orientées relativement à ce plan. Or il est facile de voir sur la figure que les molécules M′ et M″ seront par suite symétriquement placées par rapport au plan passant par l'arête de glissement et la rangée principale. Ce plan est donc un plan de symétrie de la particule complexe. On démontrerait de même qu'il doit être un plan de symétrie du réseau et par suite de l'édifice cristallin. Tel est le cas de la déformation de la calcite.

*Rotation apparente.* — On vient de voir comment une translation proportionnelle pouvait transformer un cristal en un autre cristal symétriquement orienté par rapport à une droite, ce qui simule une rotation de 180° autour de cette

droite. Or dans certains cas ces translations peuvent simuler des rotations de 120° ou 90°.

Supposons, par exemple, qu'un cristal possède deux plans diamétraux A, B à 120°, symétriquement placés par rapport à un plan de symétrie du cristal. Un glissement suivant A amène le cristal dans une orientation symétrique relativement à A, et il est bien évident que l'on amènerait le cristal dans la même orientation en le faisant tourner autour de la droite d'intersection du plan A et du plan de symétrie d'un angle égal au double de l'angle de ces deux plans, c'est-à-dire de 120°. De même la position symétrique relativement à l'axe B s'obtiendra au moyen d'une rotation de 120°, mais en sens inverse, autour de la même droite, qui par suite est un axe de groupement d'ordre trois.

On démontrerait de même que, dans certains cas, la déformation peut être équivalente à une rotation de 90°.

*Macles secondaires produites sans glissement.* — Dans les cas précédents, le cristal et son réseau viennent occuper une position symétrique relativement à un plan diamétral ou à un diamètre de ce réseau. Mais si ce plan diamétral, ce diamètre sont en réalité des éléments de symétrie du réseau, le réseau est à lui-même son symétrique et la macle ne résultera plus que de la déformation de la particule complexe. De telles macles ne se produiront donc que dans des cristaux à structure mériédrique.

Considérons donc un cristal possédant une telle structure; dans lequel par exemple un plan de symétrie du réseau fait défaut dans la particule complexe. Remarquons tout d'abord que les éléments de symétrie du réseau appartenant à la particule complexe, se répètent symétriquement au plan, et, par conséquent, dans deux positions symétriques relativement à ce plan, la particule occupera la même position sur le réseau; les deux orientations sont deux positions d'équilibre. Mais, si

les molécules de la particule ne sont pas orientées symétriquement par rapport au plan du réseau, il peut se faire qu'elles soient très voisines de cette orientation, de telle sorte que, si l'on exerce une action mécanique sur le cristal, les molécules pourront être amenées dans une orientation différant moins de l'orientation symétrique que de leur orientation primitive. Par suite, quand l'action cessera, si l'on n'a pas dépassé la limite d'élasticité, les molécules viendront d'elles-mêmes dans l'orientation symétrique, qui est une position d'équilibre, et la macle sera produite.

De pareilles macles s'observent dans la boracite, dans un composé de chlorhydrate d'ammoniaque et de bromure de nickel. Ces deux corps ont un réseau terquaternaire, mais n'ont qu'un axe binaire coïncidant avec un axe quaternaire du réseau et deux plans de symétrie coïncidant avec deux plans de symétrie non principaux du réseau. Dans ces deux corps on produit avec la plus grande facilité des macles secondaires, symétriques relativement à l'un ou l'autre des quatre plans de symétrie non principaux du réseau déficients au cristal.

On peut également produire des macles sans glissement dans les acétates triples de soude, d'urane et de l'un des métaux suivants : cuivre, cobalt, nickel, zinc ; ces cristaux sont rhomboédriques, mais les plans de symétrie du réseau passant par l'axe ternaire font défaut dans le cristal.

### DE LA CONSTITUTION DES CORPS CRISTALLISÉS. CONDITIONS DE FORMATION DES MACLES SECONDAIRES.

Des résultats exposés dans le paragraphe précédent, il est possible de tirer les conclusions les plus intéressantes sur la constitution des corps cristallisés.

Jusqu'ici, au point de vue de la structure, on ne pouvait

faire de rapprochement qu'entre des cristaux appartenant au même système cristallin, sans jamais chercher à établir de lien entre des cristaux de symétries différentes. Il est cependant facile de voir que tous les cristaux présentent une unité de structure, expliquant leurs caractères communs et cet air de famille que l'on retrouve dans tous.

On sait qu'un réseau quelconque diffère d'un réseau cubique en ce qu'une partie ou la totalité des éléments de symétrie du réseau cubique est remplacée par des éléments diamétraux. Il est facile de montrer que ces éléments diamétraux se retrouvent dans la répartition dans l'espace des molécules du corps cristallisé, tout au moins en ce qui concerne les centres de gravité de ces molécules. En outre, en deux points diamétralement opposés relativement à un plan diamétral, se trouvent deux molécules symétriques et non superposables, tandis que, en deux points diamétralement opposés par rapport à un diamètre, se trouvent deux molécules superposables. Mais en général nous ne connaissons pas les relations d'orientations pouvant exister entre les molécules dont les centres de gravité sont diamétralement placés.

En effet, l'étude de la déformation par translation proportionnelle nous a montré que la particule complexe ne pouvait se transformer en particule symétrique que si le plan de glissement était un plan diamétral, ou si l'arête de glissement était un diamètre. Il va nous suffire d'appliquer ce résultat pour en tirer la conclusion cherchée.

Considérons la calcite, par exemple, dont la maille est un rhomboèdre de 105°5′.

Les plans $b^1$ étant susceptibles d'être des plans de glissement sont des plans diamétraux de la particule complexe, ayant pour directions conjuguées les diagonales des faces $p$ qui rencontrent l'axe ternaire. Comme la déformation est également de première espèce, les diamètres de la maille paral-

lèles aux arêtes culminantes sont des diamètres de la particule ayant pour plans conjugués les faces $p$.

Or, au moyen d'une simple figure, on voit de suite que des résultats précédents résulte que les autres plans diamétraux, les autres diamètres de la maille sont également des plans diamétraux, des diamètres de la particule, en ce qui concerne les centres de gravité des molécules.

Par conséquent, les éléments de symétrie de la maille de 105°5′ sont des éléments de symétrie de la particule et de l'édifice, les éléments diamétraux de cette maille sont des éléments diamétraux de la particule et de l'édifice cristallin. Mais, bien entendu, il n'est question ici que de la répartition des centres de gravité des molécules, car si ces molécules sont symétriquement orientées relativement aux plans $b^1$, elles ne peuvent l'être par rapport aux autres éléments diamétraux, qui ne font pas avec les plans $b^1$ et les éléments de symétrie de la maille les mêmes angles que les éléments de symétrie d'un polyèdre.

On arriverait à la même conclusion pour un grand nombre de cristaux, sans toutefois pouvoir l'établir d'une façon générale, puisque l'on n'a pas pu jusqu'ici déterminer des macles secondaires dans tous les cristaux. Mais il y a tout lieu de penser que cette conclusion est générale, puisqu'elle revient à établir une relation étroite entre la répartition des molécules et la forme du réseau : les rangées du réseau sont parallèles aux droites joignant deux à deux les centres de gravité des molécules de la particule.

Mais, si l'on n'admet pas la généralité de ces conclusions, il n'en résulte pas moins que des corps, dont la maille diffère notablement d'un cube, peuvent être, au point de vue de leur structure, considérés comme des corps cubiques déformés, c'est-à-dire dont les éléments de symétrie sont remplacés par des éléments diamétraux et ces corps établissent un passage

entre les cristaux appartenant aux différents systèmes cristallins.

*Conditions de formation des macles secondaires.* — Les considérations qui précèdent vont nous permettre de préciser les conditions que doivent remplir les éléments diamétraux d'un corps cristallisé pour qu'il puisse se produire des macles secondaires.

Remarquons tout d'abord que si, *théoriquement,* il est nécessaire que les molécules soient rigoureusement symétriques relativement à l'élément diamétral, pratiquement, il n'en est pas de même, par suite d'une propriété générale des corps. Il ne faut pas oublier, en effet, que, si l'on exerce un effort mécanique sur un corps, on le déforme, c'est-à-dire que l'on déplace ses molécules, on les fait légèrement tourner autour de leur centre de gravité et, tant que l'on n'a pas dépassé la limite d'élasticité, si l'action cesse, les molécules sous l'influence de leurs actions réciproques reviennent d'elles-mêmes à leur position d'équilibre. Cette propriété peut intervenir dans la formation des macles secondaires; si, en effet, avant la déformation, les molécules ne sont pas rigoureusement symétriques relativement à l'élément diamétral, la translation ne les amènera pas dans une orientation rigoureusement symétrique de leur orientation primitive, mais, en vertu de leurs actions mutuelles, les molécules viendront prendre cette orientation symétrique, qui est leur position d'équilibre.

Ceci posé, en général, si les molécules sont symétriquement orientées relativement à un élément diamétral, elles ne le seront pas relativement à un autre, puisque ces éléments n'ont pas la position relative de deux éléments de symétrie. Il ne pourra donc, en général, se produire qu'une seule espèce de macle secondaire, en considérant comme de même espèce les macles relatives à des plans ou droites symétriques les uns des autres par rapport aux éléments de symétrie du cristal;

telles les macles ayant pour plans de glissement les trois plans $b^1$ de la calcite.

Mais, si deux éléments diamétraux occupent sensiblement la même position relative que deux éléments de symétrie, en vertu de la tolérance qui vient d'être indiquée, ils pourront être tous les deux des éléments de macles secondaires.

Comme exemple, on peut citer le chlorure de baryum, dans lequel les plans de glissement font entre eux un angle de 91°5′, au lieu de 90°, le chloroaluminate de calcium dans lequel les plans de glissement font entre eux un angle voisin de 120°, le sulfate double de potassium et de calcium, dans lequel le plan de glissement de la macle de seconde espèce fait avec l'arête de glissement de la macle de première espèce un angle de 88°1′ au lieu de 90°. Au contraire, dans la calcite, il ne pourra se produire qu'une seule espèce de macle.

En terminant, il n'est pas inutile de remarquer que les résultats auxquels nous sommes parvenus expliquent très naturellement la remarque faite par M. Mügge que, très souvent, lorsqu'il y a deux déformations possibles, le plan de glissement de l'une coïncide avec le plan de nulle déformation de l'autre, et inversement. Ce fait résulte de ce que, dans un parallélépipède, un diamètre et un plan diamétral sont conjugués, c'est-à-dire que la direction conjuguée au plan est parallèle au diamètre et le plan conjugué au diamètre est parallèle au plan diamétral.

*Structure des corps mériédriques.* — Les résultats généraux auxquels nous sommes parvenus, concernant la structure des corps cristallisés, demandent quelques éclaircissements relativement aux corps possédant une structure mériédrique. Dans ceux-ci, en effet, le réseau possède un élément de symétrie qui, faisant défaut dans la particule complexe, doit y être remplacé par un élément diamétral. Or, un élément de symétrie d'un réseau est perpendiculaire sur sa direction conjuguée ;

il doit donc en être de même de la particule complexe. Comment se fait-il que dans celle-ci on ne constate pas d'élément de symétrie? Cette antinomie provient simplement de ce que dans la symétrie non seulement les centres de gravité des molécules sont symétriquement placés, mais encore les molécules auxquelles ils appartiennent sont symétriquement orientées. Au contraire, lorsqu'un corps cristallisé possède un élément diamétral, les centres de gravité sont diamétralement placés, mais les molécules ne sont pas forcément orientées symétriquement. Par conséquent, dans un cristal à structure mériédrique, les molécules peuvent avoir leurs centres de gravité placés symétriquement par rapport à l'élément du réseau faisant défaut à la particule, mais ne pas être symétriquement orientées. Les corps mériédriques ne diffèrent des corps holoédriques que par ce changement d'orientation.

Ces conclusions se trouvent parfaitement confirmées par la possibilité de déterminer des macles par actions mécaniques sans déformer le réseau, comme on l'a vu dans la boracite et les acétates triples.

### DU POLYMORPHISME.

Les résultats que nous a fournis l'étude des macles secondaires va nous permettre de donner une explication très simple du polymorphisme. Bien entendu, il ne s'agit pas ici d'une théorie; tant que nous ne saurons pas pourquoi un corps adopte une structure cristalline plutôt qu'une autre, on sera dans l'impossibilité de démontrer que ce corps est susceptible d'adopter plusieurs structures et d'établir les relations existant entre ces dernières. Mais, dans cette question si complexe du polymorphisme, il est cependant un point que l'on peut éclaircir. Lorsqu'il y a polymorphisme direct, suivant l'expression de M. Wyrouboff, c'est-à-dire lorsque le

réseau reste sensiblement le même dans le passage d'une forme à l'autre, on peut se rendre compte de la nature de la transformation amenant l'apparition ou la disparition des éléments de symétrie. Comme on le voit, c'est le problème soulevé par Mallard, qui trouve sa véritable solution dans l'étude des macles secondaires.

M. Mügge a constaté en effet que presque toujours, avant le passage de la forme la moins symétrique à la forme la plus symétrique, il se produit des macles secondaires, dans lesquelles les cristaux sont symétriques relativement aux rangées, aux plans réticulaires, qui vont devenir des axes binaires ou des plans de symétrie, dans la forme la plus symétrique. Or on a vu plus haut qu'un plan réticulaire ne peut être un plan de symétrie d'une macle secondaire, que s'il est un plan diamétral de la particule complexe, la direction conjuguée étant celle de la rangée principale; c'est-à-dire que, dans la particule, des molécules symétriques, à peu près symétriquement orientées, doivent être diamétralement placées, les droites joignant les centres de gravité étant parallèles à la rangée principale. De même une rangée ne peut être un axe de macle secondaire que si les molécules de la particule sont symétriquement orientées relativement à cette rangée, leurs centres de gravité étant diamétralement placés par rapport à cette même rangée, le plan conjugué étant le plan de nulle déformation.

De plus l'observation nous apprend que, lors du passage de la forme la moins symétrique à la forme la plus symétrique, lorsqu'un plan de macle devient un plan de symétrie, en même temps la rangée principale devient perpendiculaire sur ce plan, et de même, quand une rangée devient un axe binaire, le plan de nulle déformation lui devient perpendiculaire.

On voit donc que, dans le passage de la forme la moins symétrique à la forme la plus symétrique, la déformation con-

siste en ceci, que les molécules symétriquement orientées, mais diamétralement placées, se déplacent, parallèlement à elles-mêmes, d'une quantité qui nous est donnée par la déformation du réseau, de façon à venir occuper des positions symétriques : autrement dit la forme la moins symétrique possede comme éléments diamétraux les droites et plans qui sont des éléments de symétrie dans la forme la plus symétrique et si des macles se produisent, quand on approche du point de transformation, cela tient en grande partie à ce que la rangée principale se rapprochant de plus en plus de la normale au plan de macle, la translation, nécessaire pour amener le cristal dans une position symétrique, devient de plus en plus petite.

Comme on le voit, la déformation de la particule est non seulement de même nature, mais encore de même ordre de grandeur que celle du réseau, pour la raison bien simple que c'est la déformation de la particule qui entraîne celle du réseau. En particulier, il n'est nullement nécessaire de faire appel à des rotations multiples des molécules.

Pour bien faire comprendre la question, il ne sera peut-être pas inutile de prendre un exemple, le chloroaluminate de calcium, cristal monoclinique à la température ordinaire et qui devient rhomboédrique à la température de 36°. Comme il a été établi par MM. Friedel et Mügge, le cristal monoclinique se macle avec la plus grande facilité suivant les plans (310) et ($3\bar{1}0$), qui font avec le plan de symétrie des angles très voisins de 60°, et dans ces déformations les rangées principales ont pour notations (110) et ($1\bar{1}0$).

En outre, il se produit des macles de première espèce ayant pour axes précisément les rangées (110) ($1\bar{1}0$), les plans de nulle déformation étant les plans réticulaires (310) et ($3\bar{1}0$). Par conséquent les plans (310) et ($3\bar{1}0$) sont des plans diamétraux et les rangées (110) et ($1\bar{1}0$) des diamètres du corps cristallisé.

Or, quand on chauffe le cristal à 36°, les rangées (110) et ($1\bar{1}0$) deviennent perpendiculaires sur les plans (310) et ($31\bar{0}$), et par conséquent les plans diamétraux et les diamètres deviennent des plans de symétrie et des axes binaires faisant des angles de 60° avec le plan de symétrie du cristal monoclinique, qui par suite se transforme en cristal rhomboédrique. La transformation inverse a lieu quand on refroidit ce cristal rhomboédrique, qui redevient monoclinique.

Dans l'ancienne explication, il fallait admettre que certaines molécules du chloroaluminate tournaient de 120° autour de la droite destinée à devenir un axe ternaire, que d'autres, après cette rotation de 120°, tournaient de 180° autour des droites ayant pour notations (110) et ($1\bar{1}0$), de façon à donner à la nouvelle particule la symétrie ternaire; et il était impossible d'entrevoir les rapports existant entre ces rotations et la déformation du réseau. Au contraire, dans l'explication proposée aujourd'hui, la déformation de la particule se retrouve complètement, comme nature et comme grandeur, dans la déformation du réseau.

*Résumé.* — En terminant, je désirerais résumer les arguments en faveur de la théorie qui vient d'être exposée.

1° Cette théorie a ce grand avantage d'expliquer la formation des macles secondaires, en ne faisant appel qu'à la déformation par translation proportionnelle, qui seule nous est révélée par l'observation.

2° Elle nous explique pourquoi un corps cubique ne peut être maclé par actions mécaniques, puisque la particule complexe cubique holoédrique ne peut avoir d'élément diamétral.

3° De même, d'après cette théorie, les macles octaédriques et trapézoédriques, c'est-à-dire ayant pour éléments de symétrie les plans réticulaires et les rangées, dont les caractéristiques sont les nombres 1, 1, 1, ou 2, 1, 1, pris dans un ordre quelconque avec le signe ±, ne peuvent être obtenues par

actions mécaniques; puisque ces éléments ne sauraient être des éléments diamétraux de la particule : résultats pleinement confirmés par l'observation.

4° Elle nous montre que deux éléments ne peuvent être des éléments de symétrie de macles secondaires, que s'ils occupent l'un par rapport à l'autre sensiblement la même position que deux éléments de symétrie d'un polyèdre.

5° Elle nous fournit une explication très simple de ce fait fréquemment observé par M. Mügge que deux macles secondaires sont conjuguées. Cela résulte de ce que, dans un polyèdre centré, le plan conjugué à un diamètre est lui-même un plan diamétral ayant pour direction conjuguée la direction du diamètre.

6° Dans un autre ordre d'idées, la théorie des macles secondaires nous montre, dans le cas de polymorphisme direct, quelle est la nature du changement de structure qui se produit lorsque le corps change de symétrie; elle nous donne les différences et les rapports de structure existant entre les deux formes, en ne faisant appel qu'aux changements révélés par l'observation, sans avoir recours à des rotations plus ou moins compliquées, plus ou moins hypothétiques.

7° Cette théorie nous montre qu'un corps dont la forme primitive diffère autant d'un cube que le rhomboèdre de 105°,5, peut être cependant considéré comme un corps cubique déformé, dans lequel les éléments de symétrie sont remplacés par des éléments diamétraux.

8° Enfin elle fournit une confirmation de la théorie proposée par moi pour les macles primordiales, puisque, en suivant deux voies différentes, absolument indépendantes, on arrive à des résultats concordants : à savoir que les éléments de symétrie des macles secondaires sont parmi les éléments que la particule posséderait comme éléments de symétrie, si elle était cubique holoédrique.

Si, d'autre part, on se souvient que l'étude des groupements parfaits des cristaux mériédriques, des groupements quasi-parfaits des cristaux quasi-mériédriques, nous montre également que les éléments de groupement sont les éléments de symétrie ou les éléments diamètraux de la maille manquant à la particule en tant qu'éléments de symétrie, on conviendra que ma théorie s'appuie sur des arguments qui ne sont pas sans valeur.

---

## Recherches sur les formes cristallines de quelques nouvelles substances organiques;

Par M. Serge Ierschoff.

### INTRODUCTION.

Le présent travail renferme l'étude cristallographique de quelques nouvelles substances organiques, dont la majeure partie a été préparée à l'École de Chimie de l'Université de Genève pendant les deux dernières années.

Plusieurs de ces corps ont été mesurés sans avoir été recristallisés préalablement par manque d'un dissolvant convenable. Les substances que j'ai mesurées cristallisent toutes dans les trois derniers systèmes. Pour les dessins exacts des cristaux j'ai pris pour le système orthorhombique l'orientation habituelle : soit la macrodiagonale comme axe des Y et la brachydiagonale comme axe des X; pour le système monoclinique l'angle ZX obtus est pris en avant; enfin pour le système triclinique j'ai pris comme axes trois arêtes aboutissant au sommet d'un même angle.

Les angles des faces donnés ici sont toujours ceux des normales et ont été mesurés à l'aide d'un excellent goniomètre

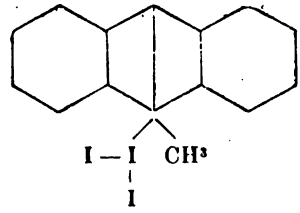
de Mallard construit par la Société genevoise des instruments de physique. Chaque mesure est la moyenne de trois déterminations faites par répétition. La notation est celle de Miller.

Tout le travail a été exécuté dans le laboratoire de Minéralogie et de Pétrographie de l'Université de Genève, et je suis heureux d'exprimer ici ma plus vive reconnaissance au directeur de ce laboratoire, M. le professeur L. Duparc, qui m'a donné les moyens de mener à bien ce travail.

Genève, 1904.

---

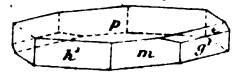
IODOMÉTHYLATE DIIODIQUE DE PHÉNYLACRIDINE.




Ce corps, préparé par M. Hoch (*Berichte,* t. XXXV), cristallise par évaporation de la solution de l'iodométhylate de phénylacridine dans du chloroforme contenant deux parties d'iode.

Les cristaux, rouges et transparents, ont la forme de

Fig. 1.




tablettes aplaties suivant la base $p = (001)$, toujours largement développée. Les autres faces, à savoir : le protoprisme

$m = (110)$, le brachypinacoïde $g^1 = (010)$, le macropinacoïde $h^1 = (100)$, sont étroites et petites. Sur 20 cristaux j'ai trouvé une seule fois une face de brachydôme $e^1 = (011)$ avec sa parallèle seulement assez bien développées.

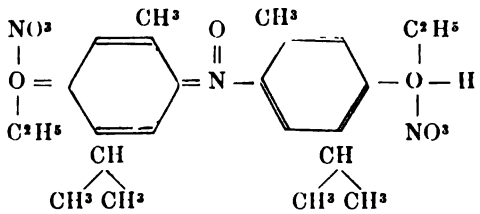
*Système orthorhombique.*

$a : b : c = 0,6196 : 1 : 0,3146.$

| | Angles des normales. Mesurés. | Calculés. |
|---|---|---|
| (110)(010)..... | *58°.13' | |
| (011)(010)..... | *72.32 | |
| (011)(110)..... | 80.56 | 80°.55' |

***

AZOTATE D'ÉTHER *p*-DIÉTHYLIQUE DE *p*-THYMOQUINONE-NITRATE THYMOLYLIMIDE-OXYDE.

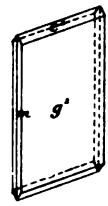



Ce corps a été préparé par MM. Decker et Solonina [1] en ajoutant par petites portions, à une solution de 6g d'éther thymolique dissous dans 24g d'acide acétique glacial, une solution acétique d'acide nitrique de densité 1,47 et renfermant beaucoup de vapeurs nitreuses. On opère à froid et on

[1] *Berichte der Chemie G.*, t. XXXV, p. 3318, 1902; *Bul. soc. Chim.*, 3e série, t. XXX, 1903, p. 1005.

laisse le mélange sur la glace pendant 3 ou 4 heures. Il se dépose alors des cristaux ayant l'aspect de paillettes très minces, non transparentes, avec reflet métallique. Ils sont

Fig. 2.




allongés suivant l'arête $h^1g^1$, et formés par le brachypinacoïde $g^1 = (010)$ très développé, le protoprisme $m = (110)$ et le brachydôme $e^1 = (011)$ excessivement étroit.

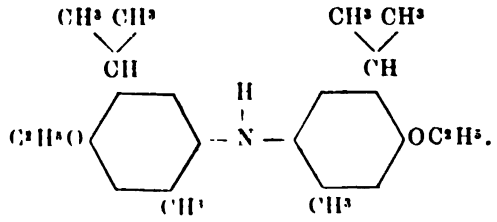
*Système orthorhombique.*

$a : b : c = 0,3233 : 1 : 1,1175.$

| | Angles des normales. Observés. | Calculés. |
|---|---|---|
| (110) (010)..... | *72°. 5′ | |
| (011) (010)..... | *40.24 | |
| (011) (110)..... | 76.20 | 76°.27′ |

***

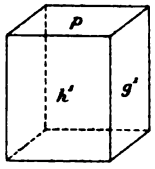
DIÉTHOXY-DITHYMOLAMINE.



Ce corps a été obtenu par la réduction du corps précédent au moyen de $2SnCl^2 + 5HCl$. Il a été recristallisé d'une solution alcoolique.

Les cristaux incolores et transparents sont formés par la

Fig. 3.




combinaison des trois pinacoïdes $p = (001)$, $h^1 = (100)$ et $g^1 = (100)$. Ils sont aplatis suivant $h^1(100)$, et allongés suivant l'arête $h^1 g^1$.

*Système triclinique.*

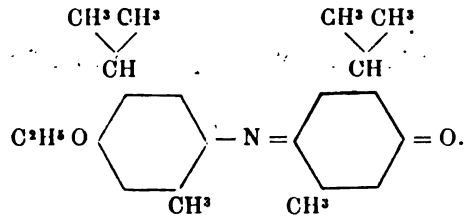
$ZY = 91°41'$, $ZX = 96°24'$, $XY = 88°22'$.

| | Angles des normales. | |
|---|---|---|
| | Mesurés. | Calculés. |
| (001)(100)..... ..... | 83°.38' | |
| (001)(010)..... ..... | 89. 7 | |
| (010)(100)..... | 91.30 | |

*Remarque.* — Au microscope les extinctions sur les faces $p$, $g^1$, $h^1$ sont obliques.

***

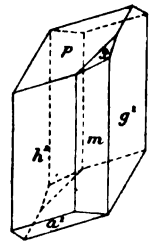
ÉTHOXY-THYMOQUINONE-THYMOLIMIDE.




Pour obtenir ce composé on dissout le corps précédent dans l'alcool à 38 pour 100 et l'on ajoute, à la température ordinaire et par petites portions, une solution alcoolique de $Fe^2Cl^6$. En diluant ensuite le mélange avec de l'eau il se précipite une poudre rouge, qui se dépose après 2 ou 3 jours en cristaux rouges; ceux-ci peuvent être recristallisés d'une solution alcoolique.

Les cristaux de couleur rouge foncé, sont légèrement transparents, et très stables. Ils présentent la combinaison du macropinacoïde $h^1 = (100)$ très développé, du brachypinacoïde $g^1 = (010)$ assez bien développé, de la base $p = (001)$, du protohémiprisme droit $m = (110)$, de l'hémimacrodôme pos-

Fig. 4.




térieur $a^1 (\bar{1}01)$ petit et enfin de la quartobrachypyramide $x = (343)$, supérieure droite très mal développée et très petite. Les cristaux sont allongés suivant l'arête $h^1 g^1$.

*Système triclinique.*

ZX = 123°20′; ZY = 75°1′10″; XY = 84°21′17″.

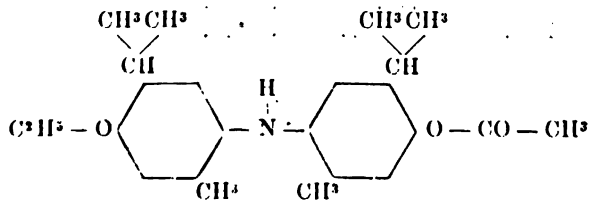
$a : b : c : = 1,3220 : 1 : 1,5262.$

| | Angles des normales. Mesurés. | Calculés. |
|---|---|---|
| (110)(010) | *48°.28′ | |
| (001)(0$\bar{1}$0) | *67.55 | |
| (100)(0$\bar{1}$0) | *72.40 | |
| (001)(100) | *53.16 | |
| (100)(10$\bar{1}$) | *57.16 | |
| (001)(110) | 60.49 | 60°.53′ |
| (010)(343) | 61.21 | 61.57 |
| (001)(343) | 58. 3 | 59.17 |
| (100)(343) | 53. 4 | 54.57 |
| (343)(10$\bar{1}$) | | 56.55 |
| (10$\bar{1}$)(110) | | 87.37 |
| (10$\bar{1}$)(010) | | 87.20 |

*Remarque.* — La mesure des angles : *gx*, *px*, *xh*, n'est pas bonne, vu l'état de la face *x*.

***

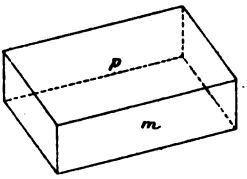
*p*-ACÉTYLTHYMOLYL-ÉTHYLTHYMOLYLAMINE.



En acétylant la diéthoxy-dithymolamine, on obtient au moins trois substances, dont l'une est la *paraacétyl-éthoxy-dithymolamine*. Ce corps cristallise en tablettes incolores et transparentes qui rougissent légèrement à l'air.

Les cristaux sont formés par la réunion du protoprisme $m = (110)$ avec la base $p = (001)$. Ils sont aplatis suivant

Fig. 5.




cette base largement développée. On constate parfois la présence de deux petites facettes qui sont peut-être celles d'un clinodôme ; elles ne se prêtent pas aux mesures.

*Système monoclinique.*

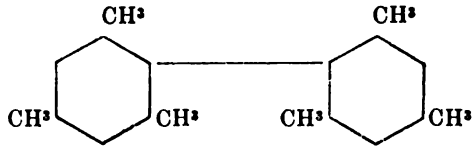
$ZX = 98°10'$.

$a : b : c = 0,7780 : 1 : \ldots\ldots\ldots$

| | Angles des normales. | |
|---|---|---|
| | Mesurés. | Calculés. |
| | ° ′ | |
| 110)(1$\bar{1}$0)..... | *75.13 | |
| 110)(001)..... | *83.32 | |

*
* *

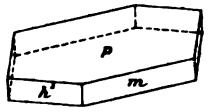
2-4-6-2'-4'-6' HEXAMÉTHYL-BIPHÉNYLE.




Ce corps a été obtenu par M. G. Meyer (¹). Pour le préparer, on prend 8g d'iodomésitylène, que l'on chauffe à 230° dans une éprouvette; on y ajoute alors un poids égal de poudre de cuivre, puis on élève la température jusqu'à 260°, et l'on chauffe ainsi quelques minutes. On extrait ensuite le contenu du récipient par l'éther. La liqueur, desséchée par $CaCl^2$, est ensuite évaporée; le résidu est rectifié; la deuxième et la troisième fraction sont dissoutes dans l'alcool bouillant qui abandonne, par le refroidissement, le produit cristallisé.

Les cristaux transparents et incolores sont aplatis suivant

Fig. 6.




la base $p = (001)$ très développée. Les autres faces : $h' = (100)$ (orthopinacoïde) et $m = (110)$ (protoprisme), sont assez développées.

(¹) *Voir* G. MAYER, *Sur l'action des métaux sur les dérivées iodés aromatiques.* (Genève, Thèse.)

*Système monoclinique.*

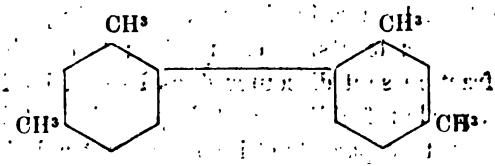
ZX = 95°48'.

$a : b : c = 1,2892 : 1 : \ldots\ldots$

| | Angles des normales. Mesurés. | Calculés. |
|---|---|---|
| (001)(100) | *84°.12' | |
| (100)(110) | *51.58 | |
| (001)(110) | 86.26 | 86°.26' |

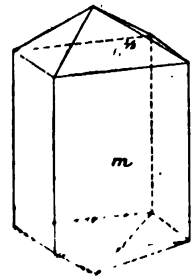
* *

2-4-2'-4' TÉTRAMÉTHYL-BIPHÉNYLE.




Ce corps a été obtenu également par l'action de la poudre

Fig. 7.




de cuivre sur le métaxylène à 230°. La troisième et la quatrième fraction de la distillation abandonnent, au bout de

quelques jours, des cristaux incolores, que l'on redissout dans une quantité suffisante d'alcool chaud en laissant, ensuite, lentement refroidir.

Les cristaux transparents et incolores présentent la combinaison du protoprisme $m = (110)$ bien développé avec la protopyramide $b^{\frac{1}{2}} = (111)$ beaucoup plus petite et imparfaite. Les cristaux sont allongés suivant l'arête $h^1 g^1$.

*Système orthorhombique.*

$a : b : c = 0,6407 : 1 : 0,5019.$

| | Angles des normales. | |
|---|---|---|
| | Mesurés. | Calculés. |
| | ° ′ | |
| (110)(1$\bar{1}$0) | *65.19 | |
| (110)(111) | *47.4 | |
| (111)(1$\bar{1}$1) | 43.3 | 43.8 |
| (111)($\bar{1}$11) | 70 | 69.59 |
| (111)(1$\bar{1}$0) | 73.26 | 73.29 |

***

α-IONONEHYDROSULFONATE DE SODIUM.

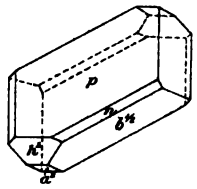
$C^{13}H^{21}O.SO^3Na + 1\frac{1}{2}H^2O.$

Ce sel, préparé par M. le Dr Chuit (*Revue générale de Chimie pure et appliquée,* 1903), est celui qui se produit par la dissolution de l'α-ionone dans le bisulfite de sodium à l'ébullition.

Recristallisé en solution alcoolique, il donne des cristaux toujours maclés, tandis que la solution aqueuse donne des cristaux en majeure partie simples. Ces derniers sont transparents, incolores et présentent les faces suivantes : la base $p = (001)$ très développée; l'orthopinacoïde $h^1 = (100)$ petit;

l'orthodôme postérieur $a^1 = (10\bar{1})$ très petit; la protohémipyramide postérieure $b^{\frac{1}{2}} = (11\bar{1})$ bien développée; l'hémi-

Fig. 8.




pyramide antérieure très étroite $n = (331)$. Les cristaux sont fortement aplatis suivant la base $p = (001)$.

La macle se fait par hémitropie normale avec la face de jonction parallèle à la base (001).

*Système monoclinique.*

$ZX = 102°42'$.

$a : b : c = 1,5185 : 1 : 1,5246$.

| | Angles des normales. | |
|---|---|---|
| | Mesurés. | Calculés. |
| (001)(100)..... | *77°.18′ | |
| $(11\bar{1})(1\bar{1}\bar{1})$..... | *99.50 | |
| $(001)(11\bar{1})$..... | *113.38 | |
| $(100)(11\bar{1})$..... | 66.12 | 66°.12′ |
| (001)(331)..... | 72.38 | 72.43 |
| $(331)(3\bar{3}1)$..... | 105.36 | 105.46 |
| (100)(331)..... | 54.43 | 54.43 |
| $(331)(1\bar{1}\bar{1})$..... | 117.35 | 117.40 |
| $(100)(10\bar{1})$..... | 51.12 | 51.11.30 |
| $(331)(10\bar{1})$..... | 77.10 | 76.56 |

β-IONONEHYDROSULFONATE DE CALCIUM INSTABLE.

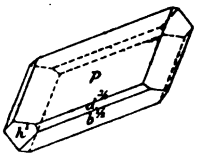
$(C^{13}H^{21}O.SO^3)^2 Ca + 4H^2O.$

Cette combinaison a été préparée en précipitant une solution du sel correspondant de sodium de la β-ionone par du chlorure de calcium.

Les cristaux sont transparents et incolores ; la solution alcoolique, aussi bien que la solution aqueuse, donnent toujours une quantité notable de cristaux maclés.

Les cristaux simples présentent les faces suivantes : la

Fig. 9.




base $p = (001)$ très développée ; l'orthopinacoïde $h^1 = (100)$ petit; la protohémipyramide postérieure $b^{\frac{1}{2}} = (11\bar{1})$ bien développée; l'hémipyramide antérieure $d^{\frac{3}{2}} = (113)$ très étroite.

Les cristaux sont aplatis suivant la base $p = (001)$.

La macle se fait par hémitropie normale ; la face de jonction est parallèle à la base $p = (001)$.

*Système monoclinique.*

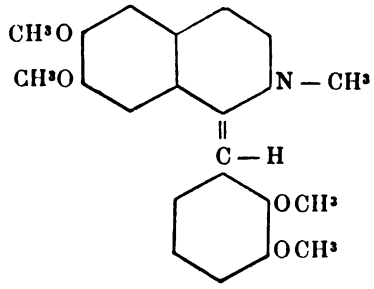
$ZX = 100°33'.$

$a : b : c = 1,7836 : 1 : 1,2223.$

| | Angles des normales. | |
|---|---|---|
| | Mesurés. | Calculés. |
| (001)(100)..... | *79°.27′ | |
| (11$\bar{1}$)(1$\bar{1}\bar{1}$)..... | *94.52 | |
| (001)(11$\bar{1}$)..... | *122.25 | |
| (100)(11$\bar{1}$)..... | *72. 5 | 72°. 5′ |
| (001)(113)..... | 23.44 | 23.45 |
| (113)(1$\bar{1}$3)..... | 41.13 | 41.13 |
| (100)(113)..... | 68.44 | 68.49 |
| (113)(1$\bar{1}\bar{1}$)..... | 131.50 | 131.56 |

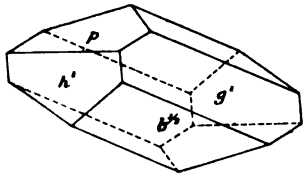
***

*n*-MÉTHYL-ISOPAPAVÉRINE.




Ce corps, obtenu par MM. Decker et Klauser, a été recristal-

Fig. 10.




lisé d'une solution alcoolique. Les petits cristaux jaunes et

transparents sont très hygroscopiques; ils perdent bien vite leur éclat, se liquéfient et deviennent noirs. Ils réfléchissent mal la lumière et ne permettent pas de faire des mesures bien exactes. Ces cristaux présentent les faces suivantes : la base $p = (001)$ et l'orthopinacoïde $h^1 = (100)$ petits de même que le clinopinacoïde $g^1(010)$, par contre la protopyramide inférieure $b^{\frac{1}{2}} = (11\bar{1})$ est largement développée.

*Système monoclinique.*

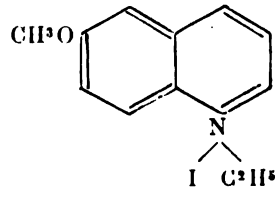
$ZX = 96°15'$.

$a : b : c = 0,8842 : 1 : 0,8188$.

| | Angles des normales. Mesurés. | Calculés. |
|---|---|---|
| (001)(100)..... | *83°.15' | |
| (11$\bar{1}$)(001)..... | *126.12 | |
| (11$\bar{1}$)(010)..... | *57.41 | |
| (100)(11$\bar{1}$)..... | 57.25 | 58°. 8' |
| (11$\bar{1}$)($\bar{1}$1$\bar{1}$)..... | | 80.12 |

***

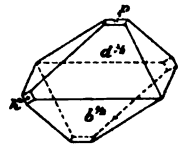
PARAIODOÉTHYLATE DE MÉTOXYQUINOLÉINE.




Ce corps, dissous dans l'alcool chaud, cristallise par refroidissement et évaporation lente de la solution.

Les cristaux jaunes et transparents présentent la combinaison de deux hémipyramides : la protohémipyramide antérieure $d^{\frac{1}{2}} = (111)$ et l'hémipyramide postérieure $b^{\frac{1}{2}} = (11\bar{1})$.

Fig. 11.



très développées avec la base $p = (001)$ et l'orthopinacoïde $h^1 = (100)$ toujours petites. On rencontre aussi mais très rarement un prisme qui n'est pas en zone avec les hémipyramides.

*Système monoclinique.*

$ZX = 93°24'$.

$a : b : c = 1,2249 : 1 : 1,1270$.

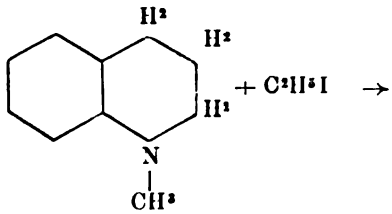
| | Angles des normales. | |
|---|---|---|
| | Mesurés. | Calculés. |
| (001)(100)..... | *86°.36' | |
| (001)(111)..... | *54. 1 | |
| (111)(1$\bar{1}$1)..... | *77.38 | |
| (111)(100)..... | 56.56 | 56°.56' |
| (11$\bar{1}$)(111)..... | 80.56 | 80.58 |
| (100)(11$\bar{1}$)..... | 60.12 | 60.13 |
| (111)(1$\bar{1}$1)..... | 69.11 | 69. 3 |

IODO-ÉTHYLATE DE KAIROLINE.

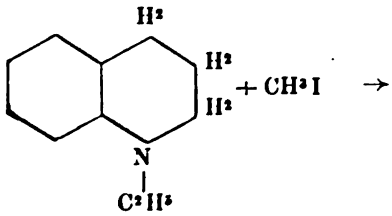
Ce corps peut être préparé de deux manières : ou bien en ajoutant à froid de l'iodure d'éthyle à la kairoline ou bien en ajoutant un excès d'iodure de méthyle à la N-éthyltétrahydroquinoléine.

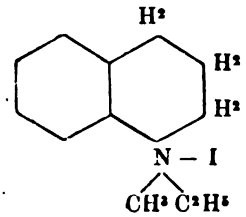
On a supposé que les corps qui se formaient dans ces deux réactions, sont stéréoisomères, et l'on admettait que, l'azote étant asymétrique dans ces combinaisons, c'est grâce à la disposition différente des groupes autour de l'azote qu'elles se distinguent l'une de l'autre. Les mesures des angles des cristaux obtenus par recristallisation de ces deux corps en solution alcoolique ont donné des valeurs absolument identiques pour les deux, ce qui permet de conclure que ceux-ci sont identiques.

*Kairoline :*



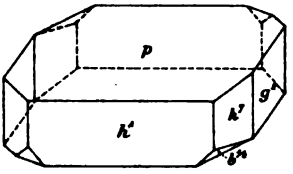

*n-éthyltétrahydroquinoléine :*



Les cristaux sont jaunes, transparents, limités par les faces suivantes : la base $p = (001)$ largement développée, l'orthopinacoïde $h^1 = (100)$ et le clinopinacoïde $g^1 = (010)$ assez bien

Fig. 12.




développés de même que le prisme $h^7 = (430)$; enfin la protohémipyramide inférieure qui est plus petite $b^{\frac{1}{2}} = (11\bar{1})$. Les cristaux sont aplatis suivant la base $p = (001)$.

*Système monoclinique.*

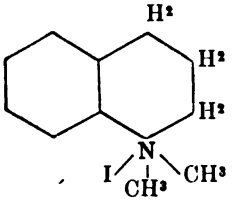
$ZX = 119°54'$.

$a : b : c = 0,8214 : 1 : 0,9728$.

| | Angles des normales. | |
|---|---|---|
| | Mesurés. | Calculés. |
| (001)(100)..... | *60°. 6′ | |
| (001)($11\bar{1}$)..... | *118.52 | |
| ($11\bar{1}$)($1\bar{1}\bar{1}$)..... | *85.10 | |
| (100)(430)..... | 28. 6 | 28°. 6′ |
| (001)(430)..... | 63.49 | 63.55 |
| ($11\bar{1}$)(430)..... | 57.29 | 57.53 |
| (430)($1\bar{1}1$)..... | 95.50 | 96. 4 |
| (100)($1\bar{1}\bar{1}$)..... | 75.58 | 76. 2 |

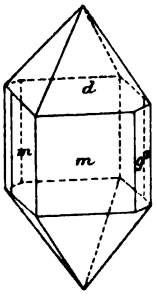
***

IODOMÉTHYLATE DE KAIROLINE.




Ce corps a été obtenu par M. Eliasberg en mélangeant directement la kairoline avec $CH^3I$. Je n'avais à ma disposition qu'un seul cristal volumineux ($4^{mm}$) qui présentait la

Fig. 13.




combinaison du protoprisme $m = (110)$ avec la protopyramide $d^{\frac{1}{2}} = (111)$ auxquelles s'ajoute un brachyprisme $g^3 = (120)$ très étroit ; les facettes sont assez larges, mais réfléchissent très mal la lumière.

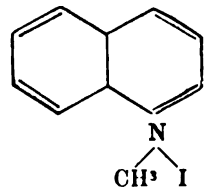
*Système orthorhombique.*

$a : b : c = 0,6843 : 1 : 1,2310.$

| | Angles des normales. Mesurés. | Calculés. |
|---|---|---|
| | ° ′ | |
| (110)(1$\bar{1}$0)..... | *68.46 | |
| (111)(1$\bar{1}$1)..... | *61.46 | |
| (110)(111)..... | 24.30 | 24.38 |
| (110)(120)..... | 19.28 | 19.28 |
| (111)(120)..... | 31. 1 | 31. 1 |
| (1$\bar{1}$1)(120)..... | 88. 2 | 87.40 |
| (110)(1$\bar{1}$1)..... | 70.50 | 70.47 |

***

IODOMÉTHYLATE DE QUINOLÉINE.

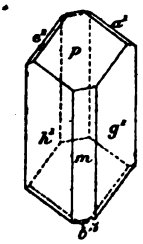



Ce corps, obtenu par M. Decker, a été recristallisé de la solution alcoolique.

Les cristaux jaunes, transparents, toujours volumineux, présentent la combinaison des trois pinacoïdes $p = (001)$. $h^1 = (100)$ et $g^1 = (010)$ avec le protohémiprisme droit $m = (110)$, la protoquartopyramide inférieure droite $b^{\frac{1}{2}} = (11\bar{1})$, l'hémi-

macrodôme inférieur $a^1 = (101)$ et l'hémibrachydôme inférieur droit $e^1 = (01\bar{1})$. Les trois premières faces sont très

Fig. 14.




bien développées, les autres faces sont beaucoup plus petites.

Les cristaux sont fortement allongés suivant l'arête $h^1 g^1$.

*Système triclinique.*

$ZX = 112°24'$; $ZY = 115°30'$; $XY = 40°3'$.

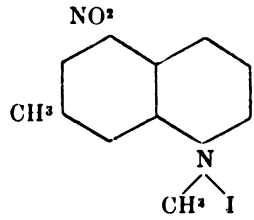
$a : b : c = 0,8395 : 1 : 0,6368$.

| | Angles des normales. | |
|---|---|---|
| | Mesurés. | Calculés. |
| (001)(100)..... | *84°.55′ | |
| (001)(010)..... | *76.30 | |
| (100)(010)..... | *136. 7 | |
| (110)(010)..... | *78.39 | |
| (100)(10$\bar{1}$)..... | *45.36 | |
| (001)(110)..... | 65.51 | 65°.50′ |
| (110)(11$\bar{1}$)..... | 69.24 | 69.23 |

| | Angles des normales. | |
|---|---|---|
| | Mesurés. | Calculés. |
| (100)(11$\bar{1}$)..... | 71°. 5′ | 71°. 5′ |
| (010)(11$\bar{1}$)..... | 94.59 | 95. 1 |
| (010)(01$\bar{1}$)..... | 55 | 54.59 |
| (110)(10$\bar{1}$)..... | 83.15 | 83.17 |
| (110)(01$\bar{1}$)..... | 100.54 | 101. 8 |
| (10$\bar{1}$)(01$\bar{1}$)..... | 90.29 | 90.19 |
| (00$\bar{1}$)(11$\bar{1}$)..... | 57.55 | 57.58 |
| (10$\bar{1}$)(11$\bar{1}$)..... | 40.45 | 40.50 |
| (10$\bar{1}$)(010)..... | 135.50 | 135.51 |
| (01$\bar{1}$)(100)..... | 129. 7 | 129. 3 |

* * *

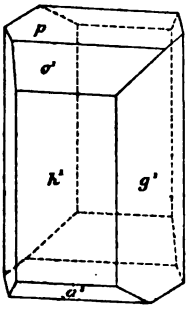
6-MÉTHYL-IODOMÉTHYLATE DE 5-NITROQUINOLÉINE.




Ce corps, préparé par M. Decker, cristallise immédiatement par refroidissement des solutions aqueuse ou alcoolique assez concentrées. Les cristaux sont volumineux, mais toujours très imparfaits, avec les faces ternes réfléchissant mal la lumière. J'ai préparé plusieurs solutions dans l'eau et dans un mélange d'eau et d'alcool; au bout de deux semaines, une solution aqueuse très diluée m'a donné de jolis cristaux jaune orange présentant les faces suivantes : l'orthopina-

coïde $h^1 = (100)$, l'hémiorthodôme antérieur $o^1 = (101)$, l'hémiorthodôme postérieur $a^1 = (10\bar{1})$, le protoprisme $m = (110)$,

Fig. 15.




tous très développés; puis la base $p = (001)$ beaucoup plus petite et moins brillante.

Les cristaux sont allongés suivant $h^1 g^1$.

*Système monoclinique.*

ZX = 108°6'.

: $b$ : $c$ = 1,5686 : 1 : 0,9993.

| | Angles des normales. Mesurés. | Calculés. |
|---|---|---|
| (001)(100)..... | *26°.49' | |
| (101)(100)..... | *45. 5 | |
| (100)(110)..... | *56. 9 | |
| (100)(10$\bar{1}$)..... | 70.48 | 71°. 3' |
| (101)(110)..... | 66.55 | 66.53 |
| (001)(110)..... | 79.58 | 80. 3 |
| (10$\bar{1}$)(110)..... | 80 | 79.32 |

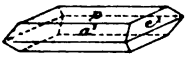
***

OXYDE DE STRYCHNINE.

Ce corps, produit par l'action de l'eau oxygénée sur la strychnine, a été préparé par MM. Pictet et Mattisson.

Les cristaux, transparents et légèrement brunâtres, pré-

Fig. 16.




sentent la combinaison de la base $p = (001)$ avec le macrodôme $o^1 = (101)$ et le brachydôme $e^1 = (011)$, tous très bien développés. Ces cristaux sont allongés suivant l'arête $ph^1$ et aplatis suivant la base $p$. Leurs dimensions oscillent entre $5^{mm}$ et $8^{mm}$.

*Système orthorhombique.*

$a : b : c = 2,1280 : 1 : 2,5300.$

| | Angles des normales. | |
|---|---|---|
| | Mesurés. | Calculés. |
| (001)(101)..... | *49°.56′ | |
| (001)(011)..... | *68.26 | |
| (011)(101)..... | 76.14 | 76°.19′ |

---

## Sur des cristaux de vivianite produite aux dépens d'ossements.

Par M. Paul Gaubert.

M. Guérin, directeur du laboratoire central de Chimie du Guatémala, a envoyé au Muséum d'Histoire naturelle une

grande quantité d'échantillons de vivianite, que mon savant Maître, M. le Professeur Lacroix, m'a chargé d'examiner.

La vivianite de ce nouveau gisement a une origine tout à fait particulière: elle provient, en effet, de la transformation du squelette de mastodonte, et cependant, malgré ce mode de formation, qui paraît peu favorable à la production de beaux cristaux, ces échantillons fournissent des cristaux qui peuvent rivaliser en perfection avec ceux des gisements de Cransac, de Commentry, du Cornwall, etc.

Cette formation de beaux cristaux est à rapprocher de celle de ceux de métabrushite, observée par M. A. Lacroix (1), aux dépens de cadavres enfermés depuis trois siècles environ dans un cercueil de plomb.

La production de vivianite sur des ossements a déjà été mentionnée par Rouault (2) et surtout par Haidinger (3), qui a constaté que ce minéral s'était formé aux dépens des ossements d'un mineur enseveli sous un éboulement ancien à la mine de Tarnowitz. Les cristaux de vivianite étaient assez beaux, atteignaient deux lignes et ressemblaient à du gypse. Ceux du Guatémala, aplatis suivant $g^1$, ont aussi beaucoup de ressemblance avec ce dernier.

Nicklès (4) a aussi trouvé de la vivianite sur des os provenant du cimetière d'Eumont et M. A. Lacroix (5) a observé un fait semblable sur un fragment de molaire d'éléphant trouvé dans des graviers d'Arrauts, près d'Ustaritz aux environs de Bayonne.

Les cristaux de vivianite provenant du Guatémala sont souvent orientés de façon que leur axe vertical coïncide avec

---

(1) A. Lacroix, Ce *Bulletin*, t. XIV, 1891, p. 325.
(2) Rouault, *Bull. de la Soc. géol. de France*, 1846, p. 317.
(3) Haidinger, *Journ. f. prakt. Chemie*, t. XLVI, 1849, p. 181.
(4) Nicklès, *Comptes rendus*, t. XLI, p. 1169.
(5) A. Lacroix, Ce *Bulletin*, t. XX, 1897, p. 112.

l'axe longitudinal des os longs. Mais les deux autres axes des différents cristaux peuvent ne pas coïncider. Cependant, sur certains points, l'orientation de tous les axes est complète, et l'os paraît remplacé par un cristal unique polysynthétique dont l'axe vertical *c* a la même direction que le grand axe de l'os.

Dans les parties transformées des dents et des mâchoires, les cristaux sont aussi orientés et l'orientation est ici en rapport avec la structure de l'os.

Entre les cristaux de vivianite, on observe des petites masses de phosphate de chaux et des restes d'os. De la phosphorite ressemblant à do l'halloysite se trouve en grande quantité dans l'intérieur des dents qui n'ont pas été transformées en vivianite.

Les cristaux de vivianite atteignent $1^{cm}$ dans le sens de l'axe vertical et sont aplatis suivant la face $g^1(010)$; les faces sont brillantes, bien qu'elles montrent de nombreuses faces vicinales plus ou moins arrondies.

Les mesures goniométriques ont permis de reconnaître dans les cristaux les plus riches en faces $m(110)$, $g^1(010)$, $h^1(100)$, $h^2(310)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$ et $a^1(011)$. Dans beaucoup de cristaux, $a^1$ n'existe pas et quelquefois les faces $h^1$ et $h^2$ manquent.

La mesure des angles a fourni les résultats suivants :

| | Angle des normales. |
|---|---|
| $mm$ | 71°.45′ |
| $mg^1$ | 53.58 |
| $mh^1$ | 35.50 |
| $mh^2$ | 22.17 |
| $mb^{\frac{1}{2}}$ | 45.53 |
| $h^1a^1$ | 54.29 |

Les faces étant couvertes de faces vicinales, il est inutile

de calculer avec la valeur de ces angles les paramètres cristallographiques de cette vivianite.

La vivianite du Guatémala possède les propriétés de la vivianite des autres gisements, aussi je ne mentionnerai ici que la valeur des indices de réfraction qui n'avaient pas encore été déterminés dans ce minéral, à l'exception de l'indice moyen obtenu de la valeur de l'angle des axes optiques.

La détermination a été faite au moyen de lames de clivage de ces cristaux de vivianite et aussi sur ceux de Cransac qui, par leurs dimensions, se prêtent encore mieux aux mesures. Le réfractomètre dont je me suis servi est celui de M. C. Klein.

*Vivianite du Guatémala.*

$$n_g = 1,6268$$
$$n_m = 1,6052$$
$$n_p = 1,5768$$
$$n_g - n_p = 0,0500$$

*Vivianite de Cransac.*

$$n_g = 1,6267$$
$$n_m = 1,6050$$
$$n_p = 1,5766$$
$$n_g - n_p = 0,0501$$

Quant aux conditions de gisement de ces échantillons, l'extrait d'une lettre de M. Guérin nous renseigne à ce sujet :

« Les fragments fossiles qui ont été remis au Muséum ont été trouvés dans la hacienda San Sur, à environ 200$^{m}$ du village de San Pablo, situé dans le département de San Marcos qui forme la frontière Ouest du Guatémala avec le Mexique. Ce département est situé sur le versant Pacifique et le village de San Pablo se trouve à environ 150$^{km}$ de la mer.

» A environ 150$^{m}$ de la maison d'habitation de cette

hacienda, existe un ravin assez profond et orienté du Nord au Sud; il a environ $7^m$ de large, et son fond est formé d'une grande quantité de cailloux roulés.

» Les restes fossiles ont été découverts dans une excavation faite au fond de ce ravin, et, au-dessus de ces restes, on a pu distinguer les couches suivantes :

» 1° Terre végétale peu épaisse;

» 2° Conglomérat argileux rougeâtre (épaisseur $1^m,50$);

» 3° Argile plus claire, veinée transversalement de grès;

» 4° Une masse d'alluvion, purement locale, dans laquelle se trouvent ensevelis les restes fossiles, s'étendant perpendiculairement au ravin, de l'Est à l'Ouest, et d'environ $8^m$ de large sur $1^m$ de profondeur. En plus des fragments fossiles et des morceaux de mâchoires, on a aussi trouvé des troncs de bois, parfois carbonisés, et des empreintes de fruits, avec noyau pétrifié. »

Il est fort probable que la formation de la vivianite est due à l'action d'eaux ferrugineuses sur le phosphate de chaux du squelette. La quantité d'acide phosphorique qui se trouve dans un os de densité moyenne est suffisante pour transformer ce dernier en vivianite sans qu'il y ait changement sensible de volume et, par conséquent, de forme. Je ferai remarquer que, dans les parties intérieures des dents, on observe de la phosphorite ressemblant à de l'halloysite qui s'est conservée intacte bien qu'elle soit facilement attaquable à cause de sa structure. Elle est en effet formée d'éléments très petits et se réduit très facilement en poudre. Probablement les eaux ferrugineuses n'auront pas pu l'atteindre, étant protégée par la couche d'ivoire.

---

*Le Secrétaire gérant :*
MAURICE BLONDEL.

---

34644 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1904. — BULLETIN N° 8.


## Compte rendu de la séance du 10 novembre 1904.

PRÉSIDENCE DE M. DUFET.

M. le PRÉSIDENT annonce une présentation.

M. A. LACROIX fait une Communication sur le sulfate de soude qu'il a observé dans les fumerolles secondaires de la Montagne Pelée et une autre sur divers minéraux produits accidentellement lors de l'incendie de Saint-Pierre (Martinique) consécutif au renversement de cette ville par l'éruption du 8 mai 1902.

M. TERMIER présente à la Société quelques échantillons de roches à glaucophane et de roches à riébeckite provenant des environs de Saint-Véran (Hautes-Alpes). Les roches à glaucophane sont des gabbros altérés. Les roches à riébeckite sont des schistes quartzeux formant un étage de $50^m$ à $100^m$ d'épaisseur dans la série des *Schistes lustrés*. La riébeckite s'y associe à de l'épidote fibreuse et à de la magnétite. Ce gisement est de tout point comparable à celui qui a été signalé par M. A. Lacroix, d'après le colonel Ply, dans les environs de Modane.

M. Wyrouboff expose ses recherches, non encore complètement terminées, sur l'isomorphisme entre les terres rares et les métaux bivalents. Les silicotungstates de CeO, DiO, LaO, qui ont, comme il l'a montré, même forme et même hydratation que le silicotungstate de calcium, cristallisent avec ce dernier sel en toutes proportions.

---

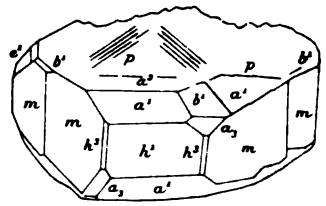
## Sur des cristaux de bournonite d'Ally (Haute-Loire);

Par M. Ad. Richard.

M. le professeur Termier, dans la séance du 11 février dernier, a présenté à la Société de beaux cristaux de bournonite provenant des mines d'Ally (Haute-Loire). La bournonite forme un élément accessoire du remplissage d'un filon de quartz et boulangérite (filon Sainte-Cécile). Elle est parfois accompagnée de blende et de galène.

Les cristaux de bournonite, confusément groupés, forment

Fig. 1.

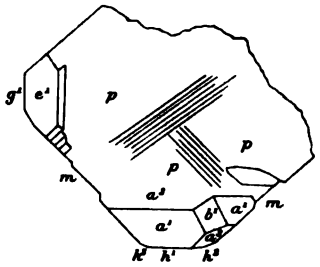



un échantillon actuellement exposé au Musée de l'École des Mines et qui a été offert à l'École par la Société minière et

métallurgique *L'Auvergne;* ce sont des prismes droits $p(001)$, $m(110)$ dont les quatre pans $m(110)$, sensiblement égaux, sont des rectangles hauts de $6^{mm}$ à $8^{mm}$ et d'une longueur triple environ. Ils portent les facettes $h^1(100)$, $h^3(210)$, $g^1(010)$, $a^2(102)$, $a^3(103)$, $a^1(101)$, $e^1(011)$, $b^1(112)$, $a_3(211)$.

Les faces $h^1(100)$, $g^1(010)$, $a_3(211)$ sont très brillantes et sans stries. Les faces $h^3(210)$, $m(110)$ ont aussi un vif éclat

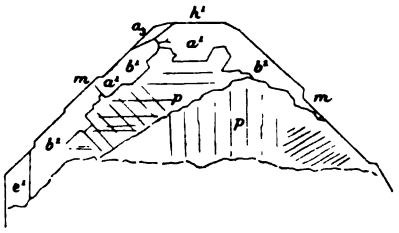
Fig. 2.




métallique, mais elles sont finement striées verticalement.

Toutes les autres faces ont peu ou point d'éclat, sont striées

Fig. 3.




ou comme rugueuses. Les faces $b^1(112)$ sont striées suivant leur intersection avec $a^1(101)$; les faces $p(001)$, fort

mauvaises, portent un double système de stries parallèles aux faces $m(100)$, quelquefois même en plus des stries parallèles à $h^1(100)$; les faces $a^1(101)$, $a^2(102)$, $a^3(103)$ sont striées seulement suivant leur axe de zone.

*Angles des normales.*

| | Mesurés. | Calculés (1). |
|---|---|---|
| $h^1 h^3 (100)(210)$ | 25° 7′ | 25° 8′ |
| $h^1 m (100)(110)$ | 43. 7 | 43.10 |
| $mm (110)(1\bar{1}0)$ | 86.13 | 86.20 |
| $h^1 a_3 (100)(211)$ | 35. 3 | 35. 5 |
| $h^3 a_3 (210)(211)$ | 25.17 | 25.45 (2) |
| $m a_3 (110)(211)$ | 30.39 | 30.45 |
| $h^1 a^1 (100)(101)$ | 46.34 | 45.41 (2) |
| $h^1 a^3 (100)(103)$ | 72.14 | 72.17 (2) |

Les figures ci-jointes représentent un cristal de bournonite d'Ally (il est impossible d'isoler du groupe un cristal complet). La figure 1 en perspective montre que des quatre faces $a_3$ qui devraient être en vue, il n'en existe que deux. Il en est ainsi pour tous les cristaux.

---

## Sur la reproduction de l'aragonite;

Par M. L. Michel.

La reproduction de l'aragonite a donné lieu à de nombreux travaux.

G. Rose a montré que, par voie humide, on pouvait dans une même dissolution obtenir des cristaux de calcite et d'ara-

(1) A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, t. II, p. 700.
(2) Nombres calculés par l'auteur.

gonite, qui se déposent en des points différents du vase suivant les conditions diverses de température du liquide. Des essais, très nombreux et très variés, de ce savant, il résulte que l'aragonite exige pour cristalliser soit une température un peu élevée, soit une concentration suffisante des liqueurs. La calcite se forme, au contraire, soit à froid, soit en solution très étendue.

Becquerel a reproduit l'aragonite en chauffant, en vase clos, à une température voisine de 140°, une dissolution concentrée de carbonate de sodium en présence du gypse.

Tout récemment M. H. Warth (1) a montré que l'aragonite pouvait prendre naissance sans l'intervention de la chaleur, mais dans des solutions alcalines.

Enfin, les belles recherches de M. W. Meigen (2), sur la reproduction de l'aragonite, ont fait voir qu'on peut obtenir ce minéral sous forme d'agrégats radiés, en précipitant, à basse température, une solution de chlorure de calcium par le carbonate de sodium; l'aragonite se forme d'autant plus rapidement que la solution est plus alcaline. Ce savant a également constaté que la précipitation par le bicarbonate de soude donne, à chaud, des aiguilles d'aragonite; à froid, il se forme d'autant plus de calcite que la solution est plus diluée. Il a observé, en outre, que la précipitation d'une solution concentrée de chlorure de calcium par le carbonate d'ammonium donne, à froid, de l'aragonite en sphérolites et, à chaud, de la calcite.

Les cristaux d'aragonite qui font l'objet de cette Note ont été obtenus de la manière suivante :

On a introduit, dans un siphon d'eau de seltz, du carbonate

---

(1) *Cent. für Min.*, 1902, p. 492.

(2) *Berichte der naturf. Gesellschaft. z. Friburg i. Br.*, Bd. XIII, 1902.

de calcium précipité. La majeure partie de cette substance a été dissoute au bout de quelques mois. Puis on a fait passer le contenu du siphon sur un filtre et l'on a soumis la solution de bicarbonate de calcium à une évaporation très lente, à la température ordinaire et sous la pression atmosphérique.

En opérant ainsi, on a obtenu des cristaux d'aragonite ayant quelques millimètres de longueur. Ces cristaux sont vitreux, incolores, et présentent les faces $p(001)$, $m(110)$, $g^1(010)$ et $e^1(011)$. La densité est égale à 2,9. Les propriétés optiques sont celles des cristaux naturels.

Lorsqu'on chauffe, pendant quelques minutes, cette aragonite artificielle, préalablement pulvérisée, avec une solution d'azotate de cobalt, elle prend une teinte rouge lilas tout à fait caractéristique. Cette réaction, découverte récemment par M. W. Meigen, permet, comme on sait, de distinguer l'aragonite de la calcite.

---

## Produits de déshydratation de quelques phosphates et orientation du chlorure de baryum sur les minéraux du groupe de l'autunite [1];

Par M. Paul Gaubert.

Beaucoup de corps hydratés, par suite d'une certaine élévation de température, perdent partiellement ou totalement leur eau, et il se produit des substances nouvelles moins hydratées que le corps primitif et orientées quelquefois sur ce dernier. Dans cette Note, je vais examiner quelques phosphates à ce point de vue.

---

[1] Communication faite à la séance d'avril 1904.

*Chalcophyllite* ($AsO^4[Cu.OH]^3.Cu[OH]^2, 3\frac{1}{2}H^2O$). — La chalcophyllite se présente en lames aplaties suivant $a^1$(0001), uniaxes et négatives. La mesure des indices de réfraction, non encore déterminés, faite avec le réfractomètre de M. Klein et avec une face naturelle $a^1$, m'a donné les résultats suivants :

| | |
|---|---|
| $\omega$ | 1,6323 |
| $\varepsilon$ | 1,5745 |
| $\omega - \varepsilon$ | 0,0578 |

Les cristaux de chalcophyllite, chauffés à une température supérieure à 100°, deviennent un peu plus pâles, conservent leur forme et leurs propriétés optiques, c'est-à-dire qu'ils restent uniaxes et négatifs, et cependant ils ont perdu une partie de leur eau [14,06 pour 100, d'après Church (1)]. La perte de cette dernière n'est mise en évidence par aucun caractère bien apparent, si l'on n'a pas à la fois sous les yeux les deux substances. Un examen plus attentif montre que, sur les cristaux un peu grands, la base $a^1$ de ceux qui sont partiellement déshydratés n'a pas une surface aussi plane que celle du minéral primitif, à tel point qu'il est impossible de faire aucune mesure avec un réfractomètre. Le nouveau corps, qui s'est ainsi produit, conserve ses propriétés et sa composition jusqu'au rouge sombre, température où il perd le reste de son eau (18,4 pour 100).

Au-dessous de 100°, la chalcophyllite perd déjà de l'eau, et cette perte, à une température assez basse, est probablement l'origine des résultats différents obtenus par Church et par Damour (2).

Par analogie avec les noms donnés par M. Rinne (3), j'ap-

(1) Church, *J. Ch. Soc.*, t. XXIII, 1870, p. 168.

(2) Damour, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XIII, 1845, p. 413 et Hermann, *J. pr. Ch.*, t. XXXIII, p. 294

(3) F. Rinne, *Centralb. f. Min.*, 1901, p. 618.

pelle *métachalcophyllite* le minéral partiellement déshydraté ayant seulement l'eau de constitution.

*Autunite* ($[PO^4]^2[UO^2]Ca, 8H^2O$). — Des Cloizeaux [1] a montré que l'autunite, en perdant une partie de son eau, devenait uniaxe un peu au-dessus de 100°. M. Rinne [2] a observé qu'avec des lames beaucoup plus minces que celles qui ont été employées par Des Cloizeaux, le minéral devenait uniaxe à une température plus basse. La transformation commence déjà à 50° et. à 75°, les lames de clivage sont uniaxes: entre 75° et 85°, il se produit de nouvelles lames biaxes dont le plan des axes optiques est parallèle aux clivages $g^1$ (**010**) et $h^1$ (**100**) de l'autunite. Dans ce produit de déshydratation, les axes sont beaucoup plus écartés que dans le minéral primitif. C'est à cette modification très stable, détruite seulement au rouge, que M. Rinne a donné le nom de *méta-autunite*. C'est toujours la bissectrice négative qui reste perpendiculaire à la lame.

*Uranocircite* ($[PO^4]^2[UO^2]Ba, 8H^2O$). — L'uranocircite, qui est une autunite dans laquelle le calcium est remplacé par le baryum, se comporte d'une façon un peu différente. Elle est identique en apparence à l'autunite et même les deux minéraux ont été longtemps confondus. Les constantes cristallographiques de l'uranocircite n'ont pas été établies, mais il est probable qu'elle est isomorphe avec l'autunite; aussi, pour faciliter la description, j'admets que le plan des axes de l'uranocircite a la même position que dans l'autunite et, par conséquent, qu'il est placé dans $g^1$ (**010**).

A la température ordinaire, le plan des axes optiques est

---

(1) Des Cloizeaux, *Manuel de Minéralogie*, t. II, p. 479. — *Voir* aussi Brezina, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. III, 1878, p. 273. — R. Brauns, *Die optischen anomalien der Krystalle*, Leipzig, 1891, p. 63.

(2) Rinne, *Cent. f. Min.*, 1901, p. 618.

perpendiculaire à la lame de clivage et leur angle dans l'air est de 15° à 20° (1) autour d'une bissectrice négative, mais il peut être plus petit ou plus grand suivant les échantillons et même, dans la même lame de clivage, les variations sont assez grandes, soit par perte d'eau, soit par suite de groupements.

Les lames de clivage, chauffées vers 100°, deviennent uniaxes et $n_p$ conserve la même position, c'est-à-dire qu'il reste perpendiculaire à la base. D'après Church (2), il y une perte d'eau correspondant à 6éq d'eau.

Si l'on observe plusieurs lames portées à 100°, on remarque que toutes ne sont pas uniaxes. Il y en a qui présentent des bandes biréfringentes, parallèles aux deux clivages et, par conséquent, à angle droit. Si l'on étudie les plaques déshydratées avec le microscope, auquel on a adapté un dispositif pour chauffer les plaques, on observe que les diverses lames se trouvant sur la lame porte-objet (elles ont été chauffées dans la glycérine) ne sont pas uniaxes en même temps. En outre, alors que les unes restent uniaxes, après refroidissement, dans d'autres il y a production de bandes biréfringentes perpendiculaires à une bissectrice négative, et à axes très écartés. Le plan des axes est parallèle aux traces de clivage.

Si l'on chauffe vers 150°, aucune des lames ne reste biaxe, et il y a formation de deux séries de bandes à axes écartés, perpendiculaires à $n_p$, comme dans l'autunite. Ces lames sont plus ou moins croisées, aussi l'angle des axes optiques est variable sur certains points et il existe même des plages, peu étendues il est vrai, complètement uniaxes (*fig.* 1).

Si l'on élève la température à 280° en chauffant les lames du clivage dans la glycérine bouillante, contrairement à ce qui

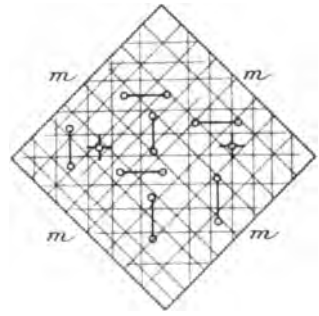
---

(1) Des Cloizeaux, *Manuel de Minéralogie*, t. II, 1893, p. 482.
(2) Church, *Min. Magaz.*, t. I, p. 234.

se passe avec l'autunite, l'uranocircite redevient uniaxe. Alors elle a perdu toute son eau. Ce produit est stable.

L'uranocircite est un minéral difficile à se procurer en quantité suffisante pour faire des analyses. J'ai fait cepen-

Fig. 1.




dant quelques essais qui montrent qu'à chaque modification optique de la substance correspond une certaine perte d'eau. Church [1] a évalué à 6$^{eq}$ d'eau la quantité qui se dégage à 100° et le reste au rouge.

Par analogie avec ce qui a lieu d'autunite, j'appelle *méta-uranocircite* le produit partiellement déshydraté biaxe.

Les produits successifs de la déshydration de l'uranocircite peuvent donc se grouper les uns avec les autres, l'indice $n_p$ restant toujours perpendiculaire à la base. La biréfringence des produits biaxes est faible.

Que ces divers corps se groupent entre eux, il n'y a rien d'étonnant, à cause de leur composition chimique; mais tous, et probablement aussi les minéraux du groupe de l'autunite, peuvent former des associations régulières avec un corps

---

[1] Church, *loc. cit.*

qui n'a avec eux aucun rapport de composition chimique : c'est le chlorure de baryum.

*Groupement avec le chlorure de baryum.* — Ayant attaqué l'uranocircite déshydratée par l'acide chlorhydrique afin d'obtenir des figures de corrosion, j'ai observé la production de figures régulières ayant toutes la même orientation. Un examen plus attentif m'a montré que c'étaient de petits cristaux, ayant l'apparence de figures de corrosion, formés par du chlorure de baryum hydraté ($BaCl^2$, $2H^2O$).

Les cristaux de ce sel se groupent donc régulièrement avec ceux d'uranocircite déshydratée; j'ai répété la même expérience avec ce minéral intact et avec tous ses produits de déshydratation et j'ai constaté qu'on obtient toujours des résultats identiques.

Les cristaux de chlorure de baryum, obtenus par l'attaque avec l'acide chlorhydrique concentré, sont très petits; j'ai eu de meilleurs résultats avec les lames d'uranocircite qui étaient encore enduites de glycérine dans laquelle elles avaient été déshydratées. Ce liquide retarde l'attaque et les cristaux deviennent ainsi beaucoup plus gros. Ils atteignent parfois $\frac{1}{8}$ de millimètre.

Une lame de clivage d'uranocircite, placée sur une lame de verre et sur laquelle on dépose une goutte d'une solution saturée de chlorure de baryum, provoque l'orientation des cristaux de ce dernier sel, dans le cas où la goutte liquide ne couvre pas complètement toute la lame de clivage.

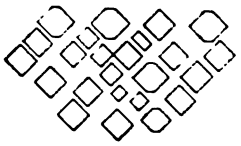
L'orientation se fait pour les cristaux se déposant sur les bords de la goutte. Les cristaux d'uranocircite qui sont beaucoup plus petits que la goutte n'orientent pas tous les cristaux de chlorure de baryum.

Les lames de clivage, attaquées par l'acide chlorhydrique, finissent par être complètement dissoutes, de telle sorte qu'il

ne reste que des cristaux de chlorure de baryum conservant leur orientation primitive, laissant parfois entre eux un petit espace (*fig.* 2). Si la cause de cette orientation n'avait pas été observée, il eût été bien difficile de la déterminer.

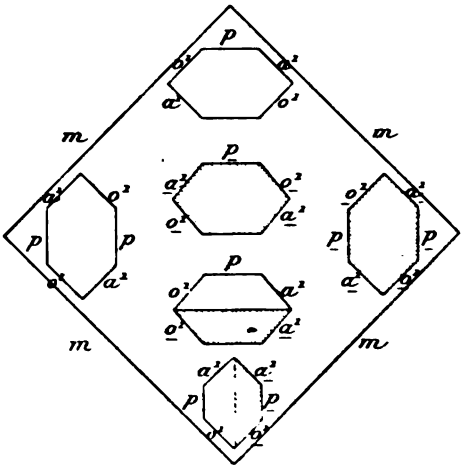
Les cristaux de chlorure de baryum s'orientent sur ceux

Fig. 2.



d'uranocircite, de façon que l'arête $pg^1$(001)(010) du sel coïncide avec un des clivages rectangulaires $g^1$(010) ou $h^1$(100)

Fig. 3.




du minéral et que $g^1$(010) du premier soit accolé avec p(001) de l'uranocircite. Les cristaux de chlorure de baryum peuvent, par conséquent, prendre quatre positions différentes indiquées par la figure schématique (*fig.* 3). Ces cristaux sont

souvent maclés suivant $p(001)$ et, par conséquent, le plan de macle coïncide avec un de ceux de l'uranocircite. Les cristaux de chlorure de baryum présentent aussi les macles suivant $h^1(100)$, mais je n'ai pas pu constater si, dans le cas où elle existait seule, il y avait coïncidence avec un élément déterminé des cristaux d'uranocircite.

Les cristaux de chlorure de baryum sont presque orthorhombiques et, avant les observations de M. Wyrouboff [1], on leur avait attribué ce degré de symétrie. L'angle $\beta$ est voisin de l'angle droit ($91°5'$).

Mais si l'on admet que l'uranocircite est monoclinique, à la suite de M. Brezina [2] et de R. Brauns [3], on a l'homologie suivante :

| | | |
|---|---|---|
| $p(001)$ | devient | $g^1(010)$, |
| $g^1(010)$ | » | $p(001)$, |
| $m(110)$ | » | $o^1(101)$, |
| $a^{\frac{1}{2}}(201)$ | » | $m(110)$, |
| $h^1(100)$ | reste | $h^1(100)$. |

Avec cette interprétation, les faces $g^1(010)$ de l'uranocircite et du chlorure de baryum coïncident et l'arête $pg^1(001)(010)$ du sel est parallèle soit avec la même arête du minéral, soit avec l'arête $ph^1(001)(001)$ de ce dernier.

L'autunite fournit les mêmes résultats que l'uranocircite quant à l'orientation des cristaux déposés par une goutte d'une solution de chlorure de baryum.

Le produit de déshydratation, la métaautunite de Rinne, oriente aussi le chlorure de baryum et le groupement se fait comme avec l'uranocircite.

La chalcolite ($[PO^4]^2[UO^2]^2Cu, 8H^2O$) fournit des résultats

---

(1) Wyrouboff, ce *Bulletin*, t. IX, 1886, p. 262.
(2) Brezina, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. III, 1879, p. 273.
(3) R. Brauns, *loc. cit.*, p. 64.

identiques. Le minéral intact et son produit de déshydratation, la métachalcolite [1] de Rinne, s'orientent avec le chlorure de baryum de la même manière qu'avec l'uranocircite. Ces observations confirment l'analogie des propriétés cristallographiques de la chalcolite avec celles de l'autunite et de l'uranocircite ; etc.

Tous ces minéraux ont donc une grande facilité de se grouper avec leurs produits respectifs de déshydratation et avec le chlorure de baryum ; ils peuvent se grouper aussi entre eux, comme l'ont observé dans quelques cas M. Phillips et M. Goldschmidt.

M. Goldschmidt [2] a décrit l'association régulière de la zeunérite avec la trogérite. La face $p(001)$ ou $g^1(010)$, suivant qu'on considère les cristaux comme quadratiques ou monocliniques, de la trogérite coïncide avec la même face de la zeunérite.

W. Phillips [3] a aussi constaté le groupement régulier de l'autunite et de la chalcolite qui, comme on l'a vu plus haut, orientent le chlorure de baryum.

Tous les cas qui viennent d'être examinés sont des exemples de la règle énoncée par M. O. Mügge [4] : deux corps qui s'orientent avec un troisième peuvent former l'un avec l'autre des associations régulières.

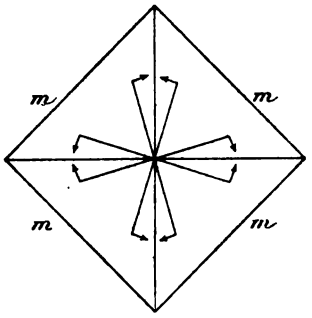
Ces associations de l'autunite et de la chalcolite, de la zeunérite et de la trogérite, de l'uranocircite, de l'autunite avec le chlorure de baryum, etc., rentrent dans la catégorie de celles où le groupement est parallèle, d'après M. Wallerant [5]. Je ferai remarquer que les cristaux de chlorure de ba-

---

(1) Rinne, *Cent. f. Min.*, 1901, p. 618.
(2) V. Goldschmidt, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXXI, p. 474, 1899.
(3) W. Phillips, d'après Walker, *Am. J. of. Sc.*, t. VI, 1898, p. 41.
(4) O. Mügge, *Neues Jahrb. f. Min.*, Beil., Bd. XVI, 1902, p. 438.
(5) F. Wallerant, ce *Bulletin*, t. XXV, 1902, p. 192.

ryum, se formant sur une lame de verre, reposent toujours sur la face d'aplatissement $g^1$(010), par conséquent les forces agissant sur les molécules de ce corps pour les orienter sur les

Fig. 4.




lames de clivage des minéraux du groupe de l'autunite n'ont à faire tourner les molécules ou les lames cristallines que dans le plan de $g^1$, dans une des quatre directions indiquées par la figure 4.

En outre les cristaux de chlorure de baryum, indépendamment des macles suivant $h^1$ et $p$, présentent aussi des associations suivant la face d'aplatissement $g^1$. Les deux premières macles sont produites dans le cas où la cristallisation est rapide, ou par action mécanique (O. Mügge); mais un examen attentif montre que l'association suivant la face $g^1$ est souvent due à l'accolement de deux cristaux d'abord indépendants. J'ai montré que la macle suivant $a^1$, dans le nitrate de plomb, pouvait aussi se produire par la réunion de deux cristaux et j'ai attribué cette attraction aux actions capillaires. Il est évident que l'attraction s'accroîtra à mesure que les deux faces viendront de plus en plus en coïncidence et qu'elle sera maximum quand les directions cristallographiques égales se superposeront dans les deux cristaux.

Les cristaux de spinelle montrent fréquemment, du moins autant que de macles suivant $a^1$, un plan de séparation indiquant bien que le cristal est composé de deux moitiés ayant la même orientation, moitiés qui ont dû être indépendantes au début.

Naturellement, on ne peut attribuer à ce mode de formation que la production de quelques macles et il peut aussi se faire que le groupement de deux espèces différentes soit parfois dû à une cause semblable; les lames de chlorure de baryum formées à la surface d'un liquide, au fond duquel se trouvent des lames de clivage d'autunite, ne s'orientent pas quand elles tombent au fond, c'est-à-dire quand elles viennent en contact avec l'autunite, mais elles sont dans ce cas trop épaisses et par conséquent trop lourdes pour être attirées. Cependant on peut voir parfois des lames minces, formées sur le contour de la goutte, flottant à moitié, tomber finalement sur la lame d'autunite et s'orienter sur cette dernière.

Un autre fait qui tend à mettre en évidence l'influence des actions capillaires pour l'orientation des cristaux d'espèce différente est celui qui a été mentionné plus haut : c'est qu'un cristal d'uranocircite, d'autunite, etc. ne s'accroît pas dans une solution saturée de chlorure de baryum, et, pour que l'orientation de ces derniers cristaux se produise, il faut mettre une goutte de liquide ne couvrant pas toute la surface de la face de clivage $p$(001) et encore le groupement régulier ne se produit surtout que pour les cristaux qui prennent naissance sur les bords de la goutte.

Les propriétés de l'autunite et de l'uranocircite, qui viennent d'être étudiées, permettent de distinguer très facilement les deux minéraux, alors même qu'on ne peut opérer que sur une très petite lamelle. Il suffit d'examiner les modifications des propriétés optiques sous l'influence de la chaleur, ou bien

d'attaquer la lame par une goutte d'acide chlorhydrique. Il se produit seulement avec l'uranocircite des cristaux de chlorure de baryum. L'acide azotique fournit aussi des résultats grâce à la production de cristaux cubo-octaèdres de nitrate de baryum obtenus avec l'uranocircite.

Les autres phosphates ne présentent pas tous des orientations semblables avec leurs produits de déshydratation.

La vivianite, l'érythrine et la cabrérite, chauffées dans la glycérine bouillante, perdent leur eau et donnent une substance transparente isotrope. Avec la vivianite on peut obtenir des lames anhydres assez étendues correspondant aux lames de clivage. Elles ne donnent pas de figures de corrosion, aussi il n'est pas possible de savoir si la nouvelle substance est cubique ou amorphe.

---

## Sur l'accroissement des cristaux de thymol;

Par M. Paul Gaubert.

Quand une matière fondue cristallise, par suite du refroidissement sur une lame de verre porte-objet, il se produit, suivant les substances étudiées, des faits différents. Tantôt un cristal unique prend naissance, tantôt il y a formation de plusieurs cristaux dont le nombre dépend de la substance considérée et de la température de refroidissement. Pour étudier l'accroissement du cristal formé par une matière fondue, j'ai cherché des substances donnant le moins de cristaux. Le thymol ($C^{10}H^{14}O$) m'a fourni des résultats satisfaisants à ce point de vue.

Ce corps cristallise dans le système rhomboédrique, d'après

les recherches de MM. Groth [1] et Miller [2] et présente les formes $p(10\bar{1}1)$, $b^1(01\bar{1}2)$, $a^1(0001)$.

Sur une lame de verre, les cristaux produits par le thymol préalablement fondu (la fusion a lieu à 44°) sont aplatis suivant la face $p(10\bar{1}1)$.

Le thymol étant incolore, il est difficile d'observer toutes les phases de l'accroissement; aussi, pour les mettre en évidence, j'ai coloré par de la purpurine ($C^{14}H^8O^5$) le liquide fondu. Cela est très facile à cause de la faculté que possède le thymol de dissoudre certaines couleurs d'aniline.

L'avantage de la coloration est de permettre, si cette dernière n'est ni trop faible, ni trop forte, de déterminer l'épaisseur de la couche liquide enveloppant le cristal et celle de ce dernier. En observant le cristal avec les nicols croisés, la teinte de polarisation donne bien l'épaisseur des couches cristallines formées, mais alors on ne voit plus le liquide.

Le cristal étant en voie d'accroissement, on observe les faits suivants, dans le cas où la couche de liquide a au plus $0^{mm},5$ d'épaisseur.

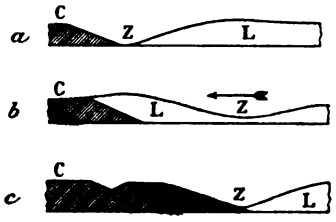
Examinons l'accroissement au moment où le cristal se trouve enveloppé par une zone moins colorée que le reste du liquide, ce qui tient tout simplement à ce que cette dernière correspond à une couche de liquide plus mince que sur le reste de la lame de verre, comme l'indique la figure schématique 1, *a*, représentant une coupe transversale à la lame porte-objet. C désigne le cristal, L le liquide et Z l'auréole enveloppant le premier. La zone claire correspond à ce que M. O. Lehmann [3] a décrit, dans la formation des cristaux aux dépens d'une solution, sous le nom de *hof*. Je reviendrai plus loin sur cette

---

(1) P. Groth, *Pogg. Ann.*, t. CXXXV, p. 655.
(2) Miller, *Ann. Chem. Pharm.*, t. XCVIII, p. 310.
(3) O. Lehmann, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. I, 1878.

particularité. Le cristal continue à s'accroître, les couches nouvellement formées étant de plus en plus minces. Cela se passe ainsi pendant quelques secondes, jusqu'à ce que les bords du cristal arrivent jusqu'à la couche épaisse de liquide. Ce dernier vient alors en grande quantité vers le cristal, de telle façon que celui-ci paraît limité par une première auréole très colorée enveloppée elle-même par une autre qui l'est moins (*fig.* 1, *b*). L'auréole rouge, formée par une épaisse

Fig. 1.




couche de liquide, donne naissance à une couche cristalline plus épaisse que celle qui vient d'être immédiatement formée, et alors, le cristal est entouré, par la disparition de la zone rouge, d'une auréole peu colorée ou plutôt formée par une couche mince de liquide (*fig.* 1, *c*). Le phénomène se continue ainsi jusqu'à ce que toute la couche de thymol se trouvant sur la lame soit complètement solidifiée.

Le mode d'accroissement qui vient d'être décrit explique bien la formation périodique du cristal, déjà observée par Frankenheim [1] et qui est facile à constater sur beaucoup de substances. On constate aussi que, au moment où le cristal absorbe graduellement la couche mince de liquide lui formant une auréole, la couche épaisse de liquide est fortement

[1] Frankenheim, *Pogg. Ann.*, t. CXI, 1860, p. 1. — *Voir* aussi O. Lehmann, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. I, 1877, p. 476. — G. Quincke, *Ann. der Physik.*, 4e série, t. IX, 1902, p. 35.

attirée par le cristal quand celui-ci arrive dans son voisinage immédiat. Cette attraction est due aux actions capillaires.

Les différents dépôts cristallins sont tous en contact les uns avec les autres et appartiennent pour ainsi dire au même cristal, mais il y a aussi, lorsque la couche de liquide est très mince, des parties orientées comme les autres, mais ayant avec ces dernières seulement quelques traits d'union et d'autres fois même pas du tout. Le cristal semble avoir exercé à distance (jusqu'à $\frac{5}{100}$ de millimètre) une action directrice sur les molécules déposées un peu plus tard et n'étant pas en contact avec lui, si ce n'est par l'intermédiaire du liquide. L'idée qui vient à l'esprit est que l'orientation peut avoir été produite par une couche très mince continue avec le grand cristal et qui aurait disparu ensuite. J'ai fait de nombreuses recherches pour vérifier le fait et n'ai obtenu aucun résultat.

Je ferai remarquer que le quartz qui se trouve dans le feldspath des pegmatites graphiques a dû se former de la même manière que les cristaux de thymol composés de parties plus ou moins séparées mais ayant la même orientation.

Comme je l'ai dit plus haut, M. O. Lehmann a signalé une auréole existant autour d'un cristal en voie de formation dans une solution. Cette auréole serait formée par une couche de liquide moins saturée que le reste. Son observation, faite sur une lame de verre porte-objet, est basée sur différents faits et en particulier sur la différence de coloration, plus faible dans l'auréole que dans le reste du liquide. O. Lehmann a expérimenté avec le permanganate de potasse. En répétant ses expériences on peut voir que l'auréole peut être aussi produite par le fait que le cristal est enveloppé, comme dans mes observations sur le thymol, par une couche plus mince de liquide. Du reste, la différence de saturation entre l'auréole et le reste de la solution n'est pas suffisante

pour donner une différence de couleur appréciable à l'œil.

Quand il y a beaucoup de liquide sur une lame, on peut se rendre compte que les courants existant dans la solution amènent continuellement des matières et l'accroissement n'est pas alors interrompu, mais qu'il est continu. Les mouvements du liquide sont mis en évidence par les particules solides flottant à la surface. On peut employer le bleu de méthylène finement pulvérisé. Ce corps, en effet, ne se dissout pas tout de suite dans le thymol fondu et les particules qui flottent sont faciles à observer.

Dans une Note antérieure [1], j'ai montré que la production des inclusions, dans les cristaux obtenus d'une solution, se faisait au point de rencontre des courants de concentration. Le thymol montre parfois de nombreuses inclusions produites par une autre cause. Ces dernières sont allongées, ont la forme d'un canal ou plutôt d'un sillon plus ou moins droit, et sont à peu près parallèles.

Ces inclusions se produisent de la façon suivante. Une bulle gazeuse apparaît sur le bord de l'arête $pp(10\bar{1}1)(10\bar{1}1)$ suivant laquelle se fait l'accroissement. Cette bulle se trouvant entre le cristal et le liquide empêche le dépôt de la matière cristallisée et, comme elle suit le liquide dans son mouvement de recul tout en restant en contact avec le cristal, l'inclusion continue à s'allonger jusqu'à ce que la bulle disparaisse. Naturellement ce genre d'inclusions ne peut se produire que si la bulle gazeuse se trouve à la partie supérieure du cristal.

D'après le mode de formation de ces inclusions, on se rend immédiatement compte que leur allongement se fait suivant la direction d'accroissement du cristal et que ce n'est qu'à une cause secondaire qu'elles doivent leur parallélisme.

Je ferai aussi remarquer que les cristaux de thymol, d'acide

---

[1] Ce *Bulletin*, t. XXV, 1902, p. 237.

benzoïque et d'acide hippurique prennent une belle coloration lorsqu'ils cristallisent par suite du refroidissement d'une masse fondue dans laquelle des couleurs d'aniline ont été dissoutes, mais aucun de ces cristaux n'est polychroïque. L'association avec le cristal de la matière colorante n'est pas, par conséquent, en relation avec la symétrie de ce dernier.

---

## Sur les anomalies de forme des cristaux;

Par M. Paul Gaubert.

Dans le cours de mes recherches sur la cristallisation, j'ai observé des cristaux, produits accidentellement, ayant un contour rigoureusement circulaire. J'ai cherché le moyen de les reproduire avec certitude et j'ai réussi avec plusieurs corps et en particulier avec l'acide picrique dont il va être surtout question dans cette Note.

L'acide picrique cristallise dans le système rhombique et est hémimorphe ([1]). Les cristaux produits, sur une lame de verre, par évaporation d'une goutte de solution de ce corps sont allongés suivant l'axe vertical et aplatis suivant $h^1$ (010), de telle façon qu'un de ces cristaux, examiné en lumière convergente, montre la bissectrice $n_p$ perpendiculaire à la plaque.

Les figures de corrosion, observées sur les faces $h^1$ (010) et obtenues par l'action de l'eau, sont identiques quant à leur forme et à leur orientation à celles qui se trouvent sur les faces correspondantes de la calamine. Avec la position du plan des axes, elles permettent d'orienter les cristaux à contour

---

([1]) Brugnatelli, *Zeitsch. f. Krystall.*, t. XXIV, 1895, p. 274 et E. A. Wulfing, *Id.*, t. XXV, 1896, p. 458.

circulaire. Pour obtenir ces derniers on opère de la façon suivante :

Une goutte de glycérine, dans laquelle on ajoute de l'acide picrique, est mise sur une lame de verre et portée à une température supérieure à 122°, point de fusion de l'acide picrique, sur une platine chauffante. L'acide picrique fond et est alors miscible à la glycérine en proportion assez notable. Si l'on retire la lame de verre de dessus la platine chauffante, la solubilité de l'acide picrique dans la glycérine diminue par suite du refroidissement et ce corps se sépare sous forme de gouttelettes liquides dont le nombre et le volume dépendent de la quantité relative dissoute et de la vitesse de refroidissement.

La température continuant à s'abaisser, ces gouttelettes se solidifient et au lieu de donner, comme cela arrive habituellement, un sphérocristal, elles se transforment en un cristal unique. L'examen des propriétés optiques montre que ces cristaux, qui sont des lentilles très aplaties, sont orientés de telle façon, qu'examinés en lumière convergente, on voit que c'est $n_p$ qui est perpendiculaire à la face d'aplatissement. Par conséquent l'acide picrique, en cristallisant d'un liquide ou par solidification d'une masse fondue, prend la même orientation par rapport à la lame de verre.

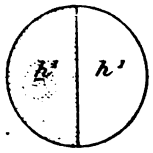
Ces cristaux lenticulaires, examinés en lumière naturelle, ne se distinguent en rien d'une gouttelette liquide, à tel point que, sans nicols, il n'est pas possible de saisir le moment où la solidification commence et l'on pourrait penser qu'on a affaire à des cristaux liquides et, en tâtonnant plus ou moins, on peut arriver à obtenir quelques-unes des apparences variées fournies par ces derniers [1]. Ils sont très aplatis, le rayon de la surface supérieure est plus grand que celui de la

[1] O. Lehmann, *Flüssige Krystalle*, Leipzig, 1904.

partie inférieure. En lumière parallèle, on observe diverses teintes de polarisation qui forment des zones rigoureusement circulaires. La teinte grise du premier ordre se trouve sur les bords et le centre montre, dans les cristaux assez grands, le vert du troisième ordre.

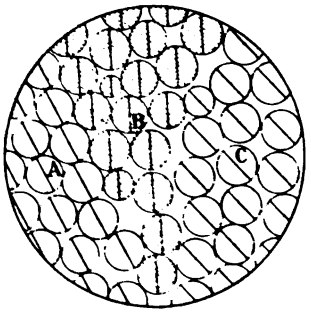
Ces cristaux présentent quelquefois des macles. La lentille est alors partagée en deux parties égales et l'angle d'extinction rapporté à la ligne de macle permet de reconnaître que l'association se fait suivant $e^1$ (*fig.* 1). Dans certaines régions

Fig. 1.




de la plaque l'extinction se fait simultanément pour tous les cristaux, de telle sorte que ces derniers ont la même orienta-

Fig. 2.




tion comme s'ils appartenaient à un seul individu (*fig.* 2, A, B, C). Les diamètres représentent la trace du plan des axes optiques.

En suivant la solidification on voit qu'elle commence sur un point de la périphérie d'une goutte et qu'elle se propage

progressivement jusqu'à ce que la cristallisation soit complète; ensuite les gouttes voisines commencent à cristalliser par leur point de contact, et ainsi de suite. Mais, comme la cristallisation débute par plusieurs points à la fois de la lame porte-objet, il se produit plusieurs grandes plages orientées de façon quelconque l'une par rapport à l'autre (*fig.* 2, A, B, C).

Les cristaux isolés ont chacun une orientation particulière. Les gouttes observées sur une lame atteignent $5^{mm}$ de diamètre, mais habituellement elles ne dépassent pas $0^{mm},5$; souvent celles qui sont très grandes forment un sphérolite, mais cela tient à ce que la cristallisation est trop rapide.

Les grosses gouttes sont souvent enveloppées d'un très grand nombre de petites. Pour avoir de bons résultats, c'est-à-dire obtenir des cristaux assez volumineux et qui ne soient pas très nombreux afin que l'observation au microscope soit rendue plus facile, il faut tâtonner pour établir les quantités d'acide picrique et de glycérine qu'il faut employer, et aussi pour la vitesse de refroidissement.

On arrive aussi au même but, en mettant sur la glycérine à 130° de l'acide picrique en poudre, celui-ci fond et, avant que les gouttelettes formées aient le temps de se mélanger à la glycérine, on refroidit brusquement. Indépendamment de ces cristaux circulaires il s'en produit d'autres identiques à ceux qui prennent naissance dans l'eau.

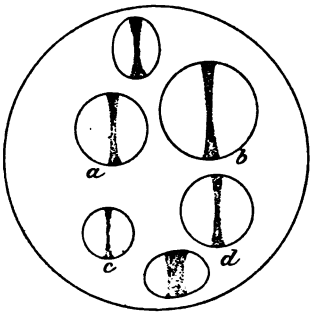
En général une goutte liquide qui passe à l'état solide donne un sphérolite et les expériences de M. G. Quincke [1], qui a publié dernièrement une série de très intéressantes recherches, en montrent de nombreux exemples. Cependant certains corps ont tendance à ne former qu'un cristal unique en cristallisant lentement d'une masse fondue, naturellement peu étendue. Ainsi l'acide benzoïque se solidifiant sur une

---

[1] G. Quincke, *Ann. der Physik*, 4e série, t. IX, 1902, p. 1.

lame de verre, sur laquelle il a été fondu, s'oriente de façon que l'examen en lumière convergente montre toujours un axe optique. Dans quelques cas il se produit, dans la couche solidifiée, de très petites bulles d'air et alors, en lumière paral-

Fig. 3.




lèle, on observe, sur ces bulles, les images données par la lumière convergente, c'est-à-dire qu'on voit une petite bande noire diamétrale sur la bulle qui se meut quand on tourne la plaque. Cela tient tout simplement à ce que la bulle joue le rôle de lentille [1].

---

## Sur la cristobalite de Mayen;

Par M. Paul Gaubert.

Dans le cours d'un voyage dans l'Eifel, j'ai visité assez longuement les carrières de Mayen et de Niedermendig, ouvertes dans une téphrite et exploitées pour l'extraction de pierres meulières. Les enclaves enallogènes quartzeuses ou quartzo-feldspathiques y sont très abondantes, on en trouve une

[1] E. Bertrand, cité par Mallard, *Traité de Cristallographie*, t. II. 1884, p. 415.

vingtaine sur une surface de $1^{dm^2}$. C'est dans ce genre de petites enclaves, formées par un grain de quartz qui a été parfois résorbé et dont les parois sont couvertes de cristaux de porricine, que M. A. Lacroix [1] a découvert des cristaux de cristobalite, associés par conséquent aux deux autres formes de silice : quartz recristallisé et tridymite.

J'ai cherché avec beaucoup d'attention les cristaux de cristobalite et j'ai trouvé quelques enclaves de la grosseur d'un pois montrant chacune de 2 à 5 cristaux seulement de ce rare minéral. Mais j'ai aussi recueilli une plaque sur laquelle les cavités produites par la résorption de l'enclave sont toutes en communication les unes avec les autres et qui contient 23 cristaux assez beaux de cristobalite atteignant $0^{mm},5$.

Je dois faire remarquer que tous les échantillons de cristobalite, que j'ai trouvés, proviennent des déblais rejetés des carrières les plus rapprochées d'Ettringen en allant vers Mayen, c'est-à-dire les plus proches du cratère de Bellenberg. C'est aussi là que se rencontrent surtout les enclaves riches en quartz recristallisé.

Les cristaux de cristobalite sont identiques à ceux décrits par M. A. Lacroix, c'est-à-dire qu'ils sont octaédriques (pseudocubiques), laiteux, à faces légèrement en relief ou en creux, mais le plus souvent en relief, et alors ils présentent des couches concentriques partant du centre de la face de l'octaèdre et diminuant régulièrement d'étendue, de telle sorte que les faces de l'octaèdre sont surmontées de trois faces vicinales, rappelant certains cristaux octaédriques de diamant.

Sur deux échantillons, j'ai observé la macle $a^1$(111) des spinelles. Dans ce cas les cristaux étaient aplatis suivant la face d'accolement.

---

[1] A. Lacroix, ce *Bulletin*, t. XIV, 1891, p. 185 et *Les enclaves des roches volcaniques*, 1893, p. 31.

La densité des cristaux, prise au moyen de la balance de Westphal et du tétrabromure d'acétylène additionné d'éther, est de 2,348, moyenne de cinq observations. Cette densité ne peut être considérée comme très exacte à cause du grand nombre d'inclusions donnant aux cristaux leur couleur laiteuse.

La densité est cependant supérieure, d'après toutes les recherches antérieures faites jusqu'ici et les miennes, à celle de la tridymite; aussi, en lisant le Mémoire de Mallard [1], j'ai été étonné de voir que ce savant donne un indice de 1,432 pour la cristobalite alors que pour ceux de la tridymite il a obtenu :

$$n_g = 1,478 \qquad \text{et} \qquad \frac{n_m + n_p}{2} = 1,4775.$$

Il y a donc certainement une faute d'impression, puisque c'est la cristobalite qui, ayant la densité la plus grande, doit avoir aussi l'indice de réfraction le plus fort. Mallard dit du reste dans son Mémoire : « L'indice moyen (*de la cristobalite*) mesuré sur un petit prisme peu translucide a été trouvé pour le jaune moyen égal à 1,432, c'est-à-dire sensiblement égal ou un peu supérieur à celui de la tridymite ». J'ai d'abord pensé que la faute d'impression était dans le nombre donnant l'indice de la tridymite, car von Lasaulx [2], en employant la méthode du duc de Chaulnes, avait trouvé :

$$\beta = 1,4285, \qquad \gamma = 1,4107.$$

J'ai donc été amené à refaire les mesures. Je me suis servi du réfractomètre à réflexion totale de M. Klein et j'ai trouvé pour la tridymite des nombres très voisins de ceux de Mallard

---

(1) E. Mallard, ce *Bulletin*, t. XIII, 1890, p. 172.
(2) Von Lasaulx, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. II, 1878, p. 253.

(un peu plus élevés), mais comme j'ai employé des faces naturelles, que les cristaux sont maclés, la ligne de séparation n'est pas très nette; aussi je considère les nombres de Mallard, obtenus par la méthode du prisme, plus précis que les miens. C'est donc l'indice de la cristobalite qui est erroné. J'ai pris six cristaux de ce dernier minéral, les ai collés à côté l'un de l'autre sur la même plaque et les ai polis. La ligne de séparation donnée par le réfractomètre n'est pas très satisfaisante, mais il est incontestable que l'indice moyen est voisin de 1,49. Cette mesure est encore rendue plus difficile par le fait que l'arkanson, qui sert à coller les cristaux, est dissous par l'essence de cassia, aussi faut-il opérer très rapidement.

Les propriétés optiques de la cristobalite de Mayen ont été étudiées par M. A. Lacroix, qui a constaté qu'elles étaient identiques à celles des cristaux de San Cristobal observés par Mallard. Je n'ai rien à ajouter si ce n'est que j'ai trouvé un cristal qui, examiné suivant la face de l'octaèdre, montre six secteurs au lieu de trois, fait qu'on observe assez souvent dans les cristaux pseudo-cubiques.

---

## Compte rendu des publications étrangères;

Par M. Jean Herbette.

G.-F. Herbert Smith : Sur les avantages de la projection gnomonique, etc. (*Mineralogical Magazine,* vol. XIII, n° 62, décembre 1903.)

La Note de M. H. Smith est destinée à faciliter l'emploi de la projection gnomonique; elle montre, en outre,

comment on peut se servir de cette projection quand on cherche à représenter les cristaux en perspective.

On trace une projection gnomonique avec la plus grande rapidité si l'on dispose, pour faire les mesures, d'un goniomètre à trois cercles. On choisit sur le cristal une zone, dite *zone de référence* et l'on prend pour plan de projection le plan perpendiculaire à l'axe de cette zone. Les pôles de la zone se projettent à l'infini, dans des directions qu'on note sur le contour de l'épure. Chaque mesure fait connaître, pour une face F, son azimut à partir de la zone de référence et sa distance angulaire à partir d'un des pôles de cette zone; on voit que le pôle de la face F se place ainsi immédiatement.

Soient, en effet :

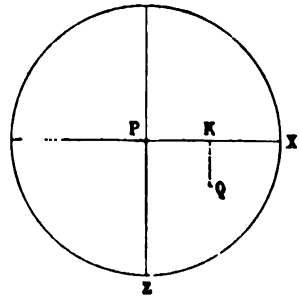
P la trace de l'axe de la zone de référence;

PZ la direction dans laquelle se projette, à l'infini, le pôle de cette zone pris pour origine;

PX une direction perpendiculaire à PZ;

Q le pôle d'une face quelconque.

En appelant $r$ le rayon de la sphère, $\rho$ la distance angu-




laire du pôle pris pour origine au pôle Q, et $\varphi$ l'azimut de Q à partir de la zone de référence (compté sur le grand cercle

qui se projette suivant PX), on a

$$KQ = r \cot\rho \operatorname{coséc}\varphi,$$
$$PK = r \cot\varphi.$$

Pour faciliter le tracé, M. H. Smith se sert d'un *protracteur :* c'est un rapporteur en celluloïd, portant le long de son diamètre et le long du rayon perpendiculaire une division en millimètres. En outre, une table annexée à la Note de M. H. Smith donne les valeurs de $\cot\varphi$ et de $\cot\rho \operatorname{coséc}\varphi$ pour les grandeurs de $\rho$ et de $\varphi$ comprises entre 25° et 90°.

A l'aide du protracteur et de la table on peut, sans constructions ni calculs, tracer la projection d'un cristal, connaître l'angle de deux pôles quelconques, l'azimut d'une zone et l'angle de deux zones entre elles.

---

M. Doelter : Sur les silicates fondus. (*Procès-verbaux de l'Académie des Sciences de Vienne,* t. CXIII, Ire Partie.)

De ses travaux personnels et de ceux de ses élèves, M. Lenarcic et Mlle Wutschnik, M. Doelter a tiré des conclusions intéressantes et nouvelles sur les températures de fusion de divers silicates, isolés ou mélangés deux à deux, sur la cristallisation des magmas, et sur l'application que plusieurs auteurs, en particulier MM. Meyerhoffer et Vogt, ont faite aux silicates fondus des lois qui régissent les alliages ou les solutions étendues.

Les expériences ont été réalisées au moyen de fours électriques. Certaines ont même été exécutées avec un four très petit, monté sur la platine d'un microscope polarisant. L'incertitude dans l'évaluation des températures ne dépasse pas, paraît-il, 10° à 30°.

***

Nous signalerons d'abord quelques-uns des résultats obtenus par M. Doelter et ses élèves.

Les points de fusion des silicates qui entrent dans la composition des roches sont très voisins les uns des autres, et presque tous compris entre 1150° et 1250° (1). Pendant le refroidissement d'un magma, la formation de minéraux cristallisés a lieu presque exclusivement entre 1180° et 930° (il y a généralement surfusion); les températures de 700° ou de 1200° à 1700°, indiquées dans certains Mémoires, seraient par conséquent erronées.

L'usage du microscope a permis d'étudier l'ordre dans lequel se déposent les minéraux pendant le refroidissement du magma (2). Cette méthode, encore toute nouvelle, pourra donner des renseignements sur l'âge relatif des cristaux présents dans une même roche.

De nombreuses déterminations ont porté sur le point de fusion de mélanges de deux silicates, et ont conduit l'auteur à la conclusion suivante : la température de fusion d'un mélange de silicates *cristallisés* est supérieure à la température de fusion du silicate le plus fusible et voisine de la moyenne

---

(1) Voici quelques températures de fusion indiquées par l'auteur :

| Minéraux. | Température de fusion à l'état cristallin. | Température de fusion à l'état amorphe (verre obtenu par fusion). |
|---|---|---|
| Anorthite (Vésuve)..... | 1230 | » |
| Orthose (Norvège)..... | 1210 | 1190 |
| Labradorite (Kief)..... | 1210 | 1185 |
| Augite (Monte-Rossi)..... | 1185 | 1175 |
| Leucite (Vésuve)..... | 1310 | 1290 |
| Acmite (Drammen)..... | 965 | 915 |

(2) Ainsi, en laissant se refroidir un mélange fondu d'olivine et d'hédenbergite, on a observé : vers 1150°, un dépôt de magnétite; au-dessous de 1090°, une cristallisation d'olivine; à partir de 1010°, l'apparition d'augite. Le résidu donnait un verre.

arithmétique des températures de fusion des silicates pris isolément. Cette propriété distingue les mélanges de silicates des alliages et les rapproche des mélanges isomorphes.

Mais la même propriété n'appartient pas aux verres qu'on obtient en fondant deux silicates ensemble. Ces verres fondent d'ordinaire à une température plus basse que le plus fusible des corps qui les constituent [1].

Il est d'ailleurs à remarquer que les verres et les silicates cristallisés qui ont servi à les produire sont loin d'être comparables. Ce fait est évident quand des réactions chimiques se produisent dans la masse fondue. Mais même dans les cas de l'augite, de la leucite et du labrador qui, fondus isolément, recristallisent sans difficulté, la température de fusion de la forme vitreuse est de 10° à 25° inférieure à celle de la forme cristalline.

On a déjà vu qu'il se produisait généralement une surfusion

---

(1) Voici un exemple : on a mélangé de l'augite de Monte-Rossi et de la labradorite de Kief. Le point de fusion se trouve entre les températures $T_1$ (ramollissement) et $T_2$ (fluidité complète) :

| Proportions | Température de fusion du mélange cristallin. | Moyenne arithmétique des températures de fusion. | Température de fusion du verre obtenu en fondant les minéraux. |
|---|---|---|---|
| Augite pure..... | $T_1 = 1170$, $T_2 = 1190$ | » | $T_1 = 1170$, $T_2 = 1180$ |
| Labradorite 1..... Augite 10..... | $T_1 = 1190$, $T_2 = 1200$ | 1196 | $T_1 = 1170$, $T_2 = 1180$ |
| Labradorite 1..... Augite 5..... | $T_1 = 1185$, $T_2 = 1190$ | 1197 | $T_1 = 1170$, $T_2 = 1175$ |
| Labradorite 1..... Augite 1..... | $T_1 = 1185$, $T_2 = 1195$ | 1202 | $T_1 = 1140$, $T_2 = 1150$ |
| Labradorite 5..... Augite 1..... | $T_1 = 1195$, $T_2 = 1200$ | 1208 | $T_1 = 1090$, $T_2 = 1100$ |
| Labradorite 9..... Augite 1..... | $T_1 = 1180$, $T_2 = 1190$ | 1210 | $T_1 = 1120$, $T_2 = 1135$ |
| Labradorite pure.... | $T_1 = 1200$, $T_2 = 1215$ | » | $T_1 = 1190$, $T_2 = 1205$ |

du magma. Cette surfusion peut abaisser de 150° la température de solidification. Des expériences ont montré qu'on pouvait mettre fin à la surfusion, en agitant ou en amorçant la cristallisation, et les résultats obtenus par ces procédés ont été très différents de ceux qu'on observait quand la solidification se faisait d'elle-même.

*
* *

On comprend comment, en se fondant sur les observations qui viennent d'être très incomplètement résumées, M. Doelter peut critiquer la règle de M. Meyerhoffer [1], d'après laquelle « l'ordre de cristallisation dépend essentiellement du mélange eutectique [2] et de la composition chimique de la matière fondue par rapport à lui ». Car, d'une part, il se produit dans le magma, où les composés paraissent profondément dissociés, des combinaisons nouvelles [3]; et, d'autre part, la constitution du mélange eutectique est entièrement modifiée par la surfusion, qui a lieu toutes les fois qu'on néglige d'agiter, et qui a dû se réaliser souvent dans la nature. La règle de M. Meyerhoffer s'appliquerait mieux aux mélanges vitreux; mais ceux-ci ne sont ni physiquement, ni dans beaucoup de cas chimiquement comparables aux silicates qu'on y a fait entrer.

Des critiques non moins graves s'adressent à la théorie de

---

(1) *Zeitschrift für Kristallographie*, Bd. XXXVI, p. 592.

(2) Guthrie a désigné sous le nom de mélanges *eutectiques* des mélanges, ou des alliages, qui sans constituer des composés définis se forment suivant des proportions fixes et ont une température constante de solidification.

(3) M. Lenarcic décrit (*Centralblatt*, 1903, p. 746) une opération au cours de laquelle il a fondu de la leucite avec quatre fois autant d'augite, et qui lui a fourni un plagioclase, de l'augite, de la magnétite, de l'olivine et du verre, sans la moindre trace de leucite.

M. Vogt [1], d'après laquelle la fusibilité des minéraux réglerait l'ordre de leur cristallisation, les plus réfractaires se déposant les premiers. D'abord, cette théorie perd de son intérêt en ce qui concerne les silicates, si leurs points de fusion sont presque tous extrêmement voisins. De plus, elle n'est pas indispensable pour expliquer la formation des autres minéraux des roches; prenons la magnétite : dans un mélange fondu d'augite et de feldspaths tricliniques, elle commence à se déposer quand la température s'abaisse sensiblement au-dessous de 1200°, et ce dépôt continue jusqu'à une température beaucoup moins élevée, après qu'il s'est formé de l'augite et des plagioclases; il paraît naturel d'en conclure que ce n'est pas une cristallisation brusque qui s'opère, mais que la magnétite (qui se dissout facilement dans l'augite au-dessus de 1200°) a une solubilité de moins en moins grande quand le magma se refroidit, et s'en sépare à mesure que sa solubilité diminue. La même explication conviendrait au zircon et au corindon, peu solubles l'un et l'autre dans les magmas.

Enfin M. Doelter montre l'impossibilité d'appliquer aux silicates fondus, comme le proposait M. Vogt, la formule de Van't Hoff [2]

$$t = \frac{m}{M} \frac{0{,}02\,T^2}{\lambda}.$$

Sans parler de l'ignorance où nous sommes de la valeur de $\lambda$ et de l'incertitude sur la valeur de M (car la solution est, non pas étendue, mais concentrée et généralement en surfu-

---

(1) *Tschermak's Mitteilungen*, BJ. XVI.

(2) $t$ représente la différence entre les températures de fusion du dissolvant pur et de la dissolution; $m$ la masse en grammes de la substance ajoutée à 100g du dissolvant; M est la masse moléculaire de cette substance; T la température de fusion (comptée à partir de −273°) du dissolvant pur; $\lambda$ sa chaleur de fusion (en calories par gramme).

sion), il faut observer que la mesure de T est affectée d'une erreur de 10° à 20°, erreur d'autant plus grave que T est au carré dans la formule; au surplus, on peut faire varier dans les limites les plus étendues les proportions respectives des deux silicates en présence sans changer de plus de 20° à 30° le point de fusion du mélange. Dans ces conditions, toute vérification devient illusoire.

Encore arrive-t-il souvent que, dans le mélange fondu de deux silicates, il en apparaît un troisième, de sorte qu'on ne se trouve plus en présence d'une dissolution simple. Enfin, dans un grand nombre de cas, le point de fusion du mélange est supérieur à celui du composant le plus fusible, et l'abaissement de température prévu par la formule ne se produit plus du tout.

***

S'il ressort des conclusions de M. Doelter qu'une théorie de la cristallisation des magmas est, comme il le dit lui-même, prématurée, son travail n'en fournit pas moins des renseignement précieux sur la manière dont se comporte un mélange fondu de deux silicates. D'après lui, trois cas sont à distinguer :

A. Les mêmes corps réapparaissent. Alors, ou bien le silicate qui formait la majeure partie du mélange s'en sépare le premier; ou bien l'un des silicates se dépose constamment le premier, par suite de sa faible solubilité dans l'autre; ou bien, si les proportions des silicates mélangés sont voisines, c'est tantôt l'un et tantôt l'autre qui cristallise d'abord (suivant que l'on amorce, par exemple, avec un fragment de l'un ou de l'autre), ou tous deux cristallisent à la fois.

B. Il apparaît de nouveaux composés, parce qu'il y a dissociation, ou parce que l'un des corps mis en présence subit une transformation.

C. Un seul des silicates cristallise par refroidissement. Il peut arriver que l'autre reste dissimulé dans la matière vitreuse. Il peut arriver aussi que l'un des silicates soit pour ainsi dire absorbé par l'autre et qu'on ait affaire à des *cristaux mixtes anormaux*. Voici quelques exemples de ce dernier cas.

Si l'on fond un mélange de néphéline et de leucite plus riche en néphéline qu'en leucite, on obtient des cristaux mixtes qui ont la forme de la néphéline; mais, si l'on renverse les proportions du mélange, on obtient des cristaux de deux sortes, les uns formés de leucite et les autres de néphéline; ainsi la néphéline peut entraîner dans sa cristallisation une certaine quantité de leucite, sans que la réciproque soit possible. Un mélange d'hédenbergite et d'éléolite dans le rapport de 5 à 1 n'a donné que des cristaux ayant l'aspect de l'éléotite. Un mélange de 20 parties d'augite et 1 partie de labrador a cristallisé entièrement sous la forme de l'augite, sans laisser de résidu vitreux.

Ces phénomènes, qui ne paraissent pas s'expliquer par l'isodimorphisme, ont peut-être faussé plus d'une fois les analyses de silicates.

---

M. J. Samojlof : Relation entre le clivage des cristaux et leurs faciès. (*Comptes rendus de la Société minéralogique de Saint-Pétersbourg,* t. XLI, fascicule 1.)

Le faciès des cristaux peut, d'après M. Samojlof, différer en deux manières de leur aspect théorique : ou bien certaines faces d'une même forme prennent un développement exagéré, comme on l'observe dans l'alun, où deux faces $a^1$ (111) prédominent souvent; ou bien une forme peut grandir au détriment des autres, et donner, dans les systèmes autres que le

système terquaternaire, des cristaux aplatis ou allongés (ainsi, dans la barytine, $p(001)$ est souvent très étendu et $m(110)$ très réduit).

C'est cette dernière anomalie seulement que M. Samojlof a tenté d'expliquer : il croit trouver une relation entre la direction du clivage et le développement privilégié de certaines formes. Il exprime cette relation en disant : « Les cristaux s'accroissent de préférence parallèlement à la direction du clivage. »

Dans les systèmes asymétrique, binaire et terbinaire, les conséquences de cette loi sont les suivantes : si le clivage a lieu suivant un plan normal à l'un des axes cristallographiques, les cristaux grandissent ou bien suivant les deux autres axes à la fois, ce qui leur donne un faciès tabulaire; ou bien suivant un de ces axes seulement, ce qui produit un faciès allongé. Si le clivage a lieu suivant les faces d'une forme prismatique quelconque, le cristal s'étend suivant l'axe du prisme : ainsi, à un clivage (110) conviendra un allongement suivant l'axe des $c$, les individus pouvant d'ailleurs présenter soit un développement égal de toutes les formes de la zone, soit un aplatissement, suivant (010) par exemple.

Dans les systèmes sénaire et ternaire, M. Samojlof ne cite que des clivages (0001) et $(10\bar{1}0)$, correspondant respectivement à un aplatissement suivant (0001) et à un allongement suivant l'axe vertical. Dans le système quaternaire, il indique, outre des clivages (001) et (100), comparables à ceux dont nous venons de parler, un clivage (111), qui communique aux cristaux un faciès pyramidal.

A l'appui de sa théorie, l'auteur invoque environ cent cinquante exemples; il cite également sept ou huit minéraux qui s'en écartent. Tous les corps qu'il énumère sont des produits naturels, doués de clivages faciles.

Si intéressante qu'elle soit, la thèse de M. Samojlof n'échappe

pas à certaines objections. Il est presque superflu de lui opposer l'émeraude et la topaze, l'une et l'autre allongées perpendiculairement à leur clivage. Elle donne, sur le faciès de certains cristaux, des indications trop vagues : ainsi elle assigne indifféremment à la barytine, clivable suivant $p(001)$ et $m(110)$, un allongement suivant l'axe des $a$, ou celui des $b$, ou celui des $c$, ou un aplatissement suivant l'un des plans (001), (100), (010). Enfin elle ne permet guère de prévoir le faciès des nombreux minéraux ternaires clivables suivant $p(10\bar{1}1)$, faciès qui dans la calcite peut être si varié.

Il est probable qu'on arriverait à des conclusions plus précises si, au lieu d'envisager uniquement les cristaux naturels, dont la formation est soumise à des influences multiples et inconnues, on étudiait des cristaux artificiels. C'est d'ailleurs la méthode que recommande M. Samojlof.

---

## Minéraux nouveaux.

Par M. Paul Gaubert.

Palachéite. — Masses cristallines d'un rouge foncé trouvées dans le cinabre de Redington à Knoxville, Californie.

Monoclinique :

$$a : b : c = 0,6554 : 1 : 0,3996; \beta = 117°9'.$$

Les formes observées sont $p(001)$, $m(110)$, $g^1(010)$, $g^3(120)$, $g^9(450)$, $h^1(100)$, $e^1(011)$, $e^{\frac{1}{2}}(\bar{0}21)$ $a^{\frac{1}{2}}(\bar{2}01)$ $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$, $(\bar{1}21)$. Les formes dominantes sont $p$, $m$, $g^3$. Clivage parfait suivant $g^1$ distinct suivant $m$.

Densité 2,075. Dureté 1,5 à 2.

Le plan des axes optiques est perpendiculaire à $g^1$.

La bissectrice aiguë, positive, fait un angle de 12° avec $c$ dans l'angle aigu $\beta$. $n_m = 1,548$. $n_g - n_p = 0,028$, $2V = 40°54'$. $\rho < v$.

Le pléochroïsme est intense. La couleur est orangé rouge suivant $n_g$, rouge pâle suivant $n_m$ et jaune suivant $n_p$.

La composition chimique est représentée par la formule

$$Fe^2O^3, 2MgO, 4SO^3 + 15H^2O.$$

Ce minéral est peut-être identique à la rubrite de Domeyko qui n'a été qu'imparfaitement décrite (Arthur-S. Eakle, *Bul. Dep. Geology Univ. California,* t. III, n° 9, 1903, p. 231).

Naegite. — Ce minéral, de couleur vert pistache presque noir, gris vert ou rouge brun, forme des agrégats sphéroïdes avec pointements arrondis, et rarement avec des cristaux de 3mm à 5mm ressemblant à un pseudo-dodécaèdre.

Quadratique : l'angle $b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(111)(111) = 56°30'$.

La dureté est de 7,5 et la densité de 4,09.

En lames minces la naëgite a une couleur vert d'herbe, est transparente, très réfringente, à extinction longitudinale quand le minéral n'est pas isotrope, ce qui est le cas le plus général.

L'analyse faite par M. Tramaru a donné les résultats suivants :

$SiO^2$ 34,89; $UO^2$ 28,27; $ThO^2$ 16,50; $Ta^2O^5$ 7; $Nb^2O^5$ 4,10; $CeO^2$ 1,59; $Fe^2O^3$ 1,60; CaO 1,71; MgO 0,57; $H^2O$ 3,12; Total : 99,35.

Par ses propriétés cristallographiques et chimiques, le minéral appartient probablement à la famille du zircon. Il est radioactif. Il tire son nom de la localité Naëgi, près de Takayama, province de Mino, Japon (Tsunushiro Wada, *Minerals of Japan*, Tokyo, 1904, p. 49).

*Le Secrétaire gérant :*
Maurice BLONDEL.

24644 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE.

ANNÉE 1904. — BULLETIN N° 9.


## Compte rendu de la Séance du 8 décembre 1904.

PRÉSIDENCE DE M. DUFET.

M. le PRÉSIDENT proclame membre de la Société :

M. GRANGER, professeur à l'École d'application de la manufacture de Sèvres, présenté par MM. Michel et de Schulten.

M. le PRÉSIDENT annonce deux présentations.

M. PAVOT montre quelques échantillons de *caillou de Rennes.*

M. TERMIER met sous les yeux de la Société des cristaux de *thorianite,* offerts à l'École des Mines par l'École municipale de Physique et de Chimie de Paris.

La thorianite est une espèce minérale récemment découverte dans les sables à gemmes de Ceylan. Le nom a été donné par M. Wyndham Dunstan (1). On a retrouvé le même minéral, à Ceylan, dans une pegmatite.

(1) *Nature*, t. LXIX, n° 1796, p. 510.

Diverses analyses ont été faites, desquelles il semble résulter que la thorianite est surtout formée de thorine (environ 73 pour 100) et d'oxyde d'urane (environ 14 pour 100). Voici les nombres trouvés par M. Petit, à l'École municipale de Physique et de Chimie de Paris [1].

Densité : 8,34.

| | |
|---|---|
| Inattaqué et insoluble dans l'acide sulfurique | 1,0 |
| Oxyde de thorium ($ThO^2$) | 73,4 |
| Autres oxydes de terres rares | 5,8 |
| Oxyde d'urane (dosé à l'état de $U^3O^4$) | 14,6 |
| Oxyde de fer, alumine, etc | 5,3 |

Les cristaux de thorianite sont des cubes, parfois entrecroisés à la façon des cubes de fluorine La couleur et l'éclat rappellent la pechblende. Le minéral est translucide en lames minces et semble rigoureusement isotrope.

D'après M. Jecker, la thorianite aurait une radioactivité intense, environ deux fois plus grande que celle de l'uranium métallique.

D'après Sir William Ramsay [2], la thorianite chauffée seule dégage, par gramme, $3^{cm^3},5$ d'hélium; chauffée avec du bisulfate de potasse, elle a donné, par gramme, jusqu'à $9^{cm^3},5$ d'hélium.

M. Pisani présente un bel échantillon d'*aigue marine* et des cristaux maclés de *cassitérite* de la Villeder.

M. A. Lacroix fait une communication sur un phosphate

---

(1) Cette analyse et les renseignements qui suivent sont empruntés à un article de M. Louis Jecker, publié par la revue *Le Radium* (n° 2, 15 août 1904, p. 44).

(2) *Nature*, n° 1797, p. 533.

d'alumine qu'il a rencontré à la Martinique et qui résulte de l'action du guano sur un tuf andésitique.

M. de Romeu fait une communication sur une enclave énallogène de l'andésite supérieure du Lioran (Cantal).

M. Wyrouboff poursuit ses recherches sur l'isomorphisme de quelques silicotungstates.

Une note sur ce sujet sera prochainement publiée dans le *Bulletin*.

---

## Sur la grandidiérite;

Par M. A. Lacroix.

Dans le *Bulletin* de 1902 j'ai donné [1] une description préliminaire d'un nouveau minéral, la *grandidiérite*, dont je venais de trouver un fragment parmi quelques roches rapportées du sud de Madagascar par M. Alluaud.

J'ai envoyé une partie de cet échantillon unique à M. le commandant Blondlot, alors directeur du Cercle de Fort-Dauphin; il a pu retrouver l'indigène qui avait servi de guide à M. Alluaud et l'endroit précis où ce voyageur avait recueilli ses roches; j'ai pu ainsi obtenir des échantillons suffisants pour permettre l'étude complète du minéral.

La grandidiérite est l'un des éléments d'une pegmatite et d'une aplite des falaises d'Andrahomana, près de Fort-Dauphin, à l'extrême sud de Madagascar. Elle y est accompagnée

---

[1] *Bull. Soc. franç. Minér.*, t. XXV, 1902, p. 85 et *Comptes rendus*, t. CXXXVII, 1903, p. 584.

par du quartz, de l'orthose et du microcline, du grenat almandin, du spinelle pléonaste et enfin par un peu de biotite et d'andalousite. Elle forme de grands cristaux pouvant atteindre 8cm de longueur et ne présentant pas d'autres formes géométriques que deux plans de clivage rectangulaires, interrompus et inégalement faciles : ils font partie de la zone d'allongement. Ces cristaux englobent pœcilitiquement tous les autres éléments de la roche.

La couleur de la grandidiérite est le vert bleuâtre. Son éclat est vitreux, un peu nacré sur le clivage le plus facile $h^1$(100). Le minéral est orthorhombique : en lumière polarisée parallèle, l'extinction se fait en effet parallèlement à l'axe vertical dans les deux clivages rectangulaires et parallèlement à la trace de ceux-ci dans la section perpendiculaire à l'axe vertical; les trois axes de l'ellipsoïde optique sont donc respectivement perpendiculaires aux clivages $h^1$, $g^1$ et à $p$.

Le plan des axes optiques est parallèle à $p$, c'est-à-dire transversal à l'allongement; la bissectrice aiguë est négative et perpendiculaire à $h^1$. Les indices ont été mesurés par la méthode de la réflexion totale à l'aide de plaques normales aux bissectrices

$$n_g = 1,6385 \quad (\mathrm{Na}),$$
$$n_m = 1,6360$$
$$n_p = 1,6018$$

d'où

$$n_g - n_p = 0,0367 \qquad \text{et} \qquad 2\,\mathrm{V} = 30^\circ 16'.$$

La mesure directe de l'écartement des axes m'a fourni

$$2\,\mathrm{E} = 49^\circ 30' \qquad \text{d'où} \qquad 2\,\mathrm{V} = 29^\circ 40'.$$

La dispersion des axes est $\rho < v$ [$2\,\mathrm{E} = 52^\circ$ (Th.)]. L'examen des sections normales à la bissectrice ne montre pas de dispersion de celle-ci, aussi ne me suis-je pas arrêté à une légère

obliquité d'extinction dans quelques-unes des plaques parallèles à $g^1$ que j'ai examinées et qui n'ont pu être taillées dans une direction très rigoureuse à cause de l'imperfection de ce clivage.

Le caractère distinctif, qui a tout d'abord appelé mon attention sur ce minéral et m'a montré qu'il ne correspond à aucune espèce connue, réside dans les phénomènes d'absorption qu'il présente. Le pléochroïsme est, en effet, extrêmement intense dans les teintes suivantes, avec $n_p > n_g > n_m$ :

| | Plaques de $0^{mm},5$. | Plaques de $0^{mm},02$. |
|---|---|---|
| $n_g$ = | vert foncé. | vert bleuâtre pâle. |
| $n_m$ = | incolore. | incolore. |
| $n_p$ = | bleu vert foncé. | bleu vert pâle. |

Au point de vue de son diagnostic, dans les lames minces de roches, il faut donc retenir que la grandidiérite est incolore suivant la direction d'allongement et colorée en bleu ou en vert transversalement à celle-ci.

Il était à prévoir qu'un minéral possédant un semblable pléochroïsme devait présenter le phénomène des houppes. J'ai donc fait tailler des plaques perpendiculaires à un axe optique; on constate très nettement dans celles-ci deux houppes bleues sur un fond blanc; l'écartement des axes optiques étant faible, elles sont déjà visibles dans une plaque perpendiculaire à la bissectrice aiguë, quand on l'incline suffisamment. On sait que les minéraux présentant les houppes se divisent en deux groupes. Dans l'un, qui comprend l'axinite, la cordiérite, l'épidote, l'augite, la muscovite, les houppes sombres, perpendiculaires à la trace du plan des axes optiques, apparaissent sur un fond clair quand cette trace est placée *normalement* à la section principale du polariseur. Dans l'autre, au contraire, les houppes présentent cette même apparence, lorsque la trace du plan des axes est

disposée *parallèlement* à la section principale du polariseur. La grandidiérite appartient à ce dernier groupe, qui pendant longtemps n'était connu que par l'andalousite, mais qui comprend aussi, d'après M. Liebisch, l'anomite, l'érythrine, la vivianite, le sphène et la hornblende basaltique.

La densité de la grandidiérite est de 2,99. Le minéral est infusible au chalumeau, inattaquable par les acides. L'analyse a été faite par M. Pisani sur une substance que j'ai isolée par des séparations répétées à l'aide de l'iodure de méthylène : sa pureté a été vérifiée par un examen microscopique. Le bore, le fluor et le titane y ont été recherchés sans succès :

| | | Rapports moléculaires. | |
|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 20,90 | 0,518 | 0,348 |
| $Al^2O^3$ | 52,80 | 0,041 | 0,559 |
| $Fe^2O^3$ | 6,60 | 0,068 | |
| FeO | 4,86 | 0,068 | 0,347 |
| MgO | 9,65 | 0,241 | |
| CaO | 2,10 | 0,038 | |
| $Na^2O$ | 2,22 | 0,035 | 0,106 |
| $K^2O$ | 0,40 | 0,004 | |
| $H^2O$ | 1,25 | 0,067 | |
| | 100,78 | | |

Cette analyse conduit à la formule

$$7SiO^2,\ 11(Al, Fe)^2O^3,\ 7(Mg, Fe, Ca)O,\ 2(Na, K, H)^2O.$$

La grandidiérite est donc l'un des plus basiques des silicates connus; elle vient prendre place au voisinage de la saphirine et de la staurotide pour laquelle M. Friedel a proposé une formule analogue à celle que je donne plus haut

$$11SiO^2,\ 12(Al, Fe)^2O^3,\ 6(Fe, Mg)O,\ 2H^2O.$$

Les propriétés optiques de ces deux minéraux sont d'ailleurs très différentes.

La grandidiérite se distingue facilement du silicate bleu (*sérendibite*) des contacts granitiques de Ceylan, récemment décrit par MM. G.-T. Prior et A.-K. Coomáraswámy [1] et dont la composition est représentée par la formule

$$6SiO^2, B^2O^3, 5Al^2O^3, 10(Fe, Ca, Mg)O.$$

La couleur de la sérendibite et les teintes de son pléochroïsme sont d'ailleurs très foncées et rappellent celles de la klaprothine, d'après l'échantillon qu'a bien voulu m'envoyer M. Coomáraswámy; ce minéral est triclinique et présente des macles polysynthétiques, simulant celles des plagioclases; enfin sa biréfringence est faible. Ces diverses propriétés optiques ne permettent pas de confondre la sérendibite, dans les plaques minces de roches, avec mon nouveau minéral.

Malgré la résistance aux agents chimiques de nos laboratoires, la grandidiérite, de même que les silicates du groupe auquel elle appartient, se décompose assez facilement dans la nature; elle se transforme alors en une substance verte, fibro-lamellaire, à deux axes rapprochés autour d'une bissectrice aiguë négative perpendiculaire à son plan de lamellisation : elle paraît se rapprocher du *kryptotile* qui épigénise la prismatine de Waldheim. Je ne l'ai rencontrée qu'en trop petite quantité pour qu'il m'ait été possible de l'isoler et de l'étudier plus complètement.

En outre de l'échantillon qui m'a servi à déterminer les propriétés de la grandidiérite, j'ai pu examiner de petits fragments détachés des mêmes roches; l'un d'eux, assez altéré, imprégné de calcite et de limonite, a appelé mon

---

(1) *Min. Magaz.*, 1901, t. XIII, p. 224.

attention par son aspect plus verdâtre. Une lame mince a été taillée parallèlement au clivage le plus facile; elle m'a permis de constater que la grandidiérite y est groupée à axes parallèles avec un minéral que je n'ai pu assimiler à aucune espèce connue. Il est incolore; sa réfringence et sa biréfrin-

Fig. 1.

Andalousite (dans quartz) à peu près parallèle à $h^1$, montrant la distribution régulière du pigment coloré.

gence, le signe négatif de sa bissectrice, l'écartement des axes ne diffèrent guère de ceux de la grandidiérite, mais l'extinction, rapportée à la séparation rectiligne des deux minéraux, en l'absence de clivage distinct dans la substance incolore, est de 11°; de plus, le plan des axes optiques, au lieu d'être

transversal à l'allongement, fait avec celui-ci cet angle de 11°. Le petit fragment étudié ayant été sacrifié entièrement pour la confection de la plaque, je suis obligé de rester dans l'incertitude au sujet de la nature de ce minéral que je n'ai pas rencontré dans mes autres échantillons.

Parmi les minéraux qui accompagnent la grandidiérite une mention doit être faite pour l'andalousite, qui ne constitue que des cristaux microscopiques. La figure ci-jointe est la reproduction de la section $h^1$ (100) de l'un d'eux, perpendiculaire à la bissectrice obtuse $n_g$; elle met en évidence la disposition régulière du pigment coloré rose, qui est concentré dans le milieu du cristal et offre une forme hémimorphe par rapport à l'axe vertical. L'angle plan du dôme réduit à deux faces est d'environ 71°, ce qui correspond à $e^{\frac{1}{2}}$ (021), non signalé dans l'andalousite ($e^{\frac{1}{2}}$ $e^{\frac{1}{2}}$ sur $p = 70°54'$ en partant des paramètres de Des Cloizeaux).

Cette disposition curieuse m'a conduit à me demander si l'andalousite ne serait pas hémimorphe : les cristaux de ce minéral présentant des faces autres que celle de la forme primitive sont si rares que cette propriété aurait bien pu passer inaperçue. Des essais pour la recherche de la pyroélectricité n'ont donné que des résultats négatifs et par suite n'ont pas confirmé cette hypothèse.

---

## Roches à lawsonite et à glaucophane, et roches à riébeckite de Saint-Véran (Hautes-Alpes);

Par M. Pierre Termier.

La haute vallée de l'Aigue-Blanche, tributaire du Guil, est creusée dans les *Schistes lustrés,* c'est-à-dire dans une puis-

sante série cristallophyllienne où alternent les calcschistes à séricite, les micaschistes et chloritoschistes, les marbres micacés, et les lentilles (ou amas) de *roches vertes,* plus ou moins serpentinisées. Toute cette formation, qui est évidemment repliée plusieurs fois sur elle-même, présente une allure isoclinale. Les assises sont dirigées vers le nord, ou vers le nord-nord-ouest; elles plongent vers l'ouest, sous un angle variable dont la moyenne est d'environ 40°.

On sait que ces Schistes lustrés sont une *série compréhensive*, embrassant sous un facies uniforme un grand nombre d'étages géologiques. Ils sont postérieurs au Trias moyen. Je crois qu'ils forment une série continue, allant du Trias supérieur à l'Eocène.

Quand on remonte la vallée, en suivant le chemin qui va de Saint-Véran aux pâturages de Clousis, on atteint bientôt (1) les affleurements d'une masse de serpentine, épaisse de plusieurs centaines de mètres, et qui est exploitée, au-dessus du chemin, pour pierres d'ornement (appelées dans le pays *marbre vert*).

Au-dessus de cette carrière de serpentine, dans le thalweg d'un petit ravin qui descend du col Traversier, entre les cotes 2350$^{m}$ et 2500$^{m}$, s'ouvrent plusieurs galeries de recherches qui ont pour objet la reconnaissance d'un gisement de cuivre.

Le minerai de cuivre (phillipsite et, accessoirement, chalcopyrite) se présente en veinules interstratifiées dans la formation schisteuse, non pas au contact même de l'amas de serpentine, mais à une cinquantaine de mètres *au mur* de cet amas. Les schistes qui encaissent ces veinules de sulfures sont des schistes quartzeux durs, micacés, chloriteux et

(1) A 5$^{km}$ environ de Saint-Véran. Pour la géologie de cette région, voir la feuille *Larche* de la Carte géologique de la France (contours par MM. Kilian et Zurcher), publiée en 1904.

amphiboliques. Il y a, au mur de l'amas de serpentine, et plongeant à 40° sous cet amas, un étage, épais d'environ 70m, de ces schistes durs. Cet étage repose à son tour sur les calcschistes à séricite du type ordinaire, dans lesquels il n'y a plus ni minerai de cuivre, ni amphibole. Dans l'étage des schistes quartzeux et amphiboliques, on voit un banc, épais de quelques mètres, d'un marbre blanc tacheté de rouge (1), fortement chargé de mica blanc.

Le *glaucophane* a été rencontré par la plus basse des galeries de recherches, dans l'amas même de roche serpentineuse, mais tout près de son bord inférieur. On est passé, en ouvrant cette galerie, de la serpentine massive à des schistes tendres à glaucophane, puis à des gabbros très durs, fort altérés, chargés de glaucophane. C'est le type de gisement bien connu, où le glaucophane apparaît comme un élément de la transformation des gabbros (2).

Les roches schisteuses tendres ont une couleur gris violacé. Elles ne renferment guère que du glaucophane, en très petites aiguilles. C'est à peine si le microscope décèle, dans ce feutrage, quelques grains de sphène et d'ilménite, et quelques paillettes de mica blanc. Les gabbros durs ont une teinte violacée plus ou moins foncée, souvent mêlée de vert. Au microscope, on y voit de nombreuses aiguilles de glaucophane, tantôt groupées en paquets ou en houppes, tantôt disséminées dans une mosaïque de très petits cristaux de *lawsonite*. Il y a aussi un peu de sphène et, çà et là, de la chlorite. Le feld-

---

(1) Ces taches rouges font songer d'abord à de petits grenats. Au microscope, on voit qu'elles sont dues simplement à la rubéfaction de la calcite par un peu d'oxyde de fer.

(2) A. Lacroix, *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. I, p. 702-708. — S. Franchi, *Contribuzione allo studio delle roccie a glaucofane e del metamorfismo onde ebbero origine nella regione ligure-alpina occidentale* (*Bollettino del R. Comitato geolog.*, 1902, n° 1).

spath (albite secondaire) est fort rare. Toute trace de la structure originelle a disparu.

Les propriétés optiques du glaucophane ne présentent rien de particulier. La couleur est très pâle, souvent variable dans un même cristal.

La lawsonite est identique à celle que MM. Franchi et Stella ont signalée, en 1895 et 1896 (1), dans diverses roches métamorphiques du Piémont, et à celle aussi que M. A. Lacroix (2) a décrite dans les gabbros saussuritisés et glaucophanisés de la Corse et de la Nouvelle-Calédonie. Les cristaux sont fréquemment idiomorphes (baguettes rectangulaires). Leur biréfringence est un peu supérieure à 0,02.

La serpentine reparaît au delà des roches à glaucophane. Puis vient l'étage des schistes quartzeux durs, micacés, chloriteux, parfois cuprifères, parfois amphiboliques. L'amphibole qu'ils renferment est de la *riébeckite*.

Ce minéral est, à l'œil nu, tellement foncé qu'il semble presque noir. La couleur bleue n'est guère visible que dans les roches formées d'un feutrage de très petites aiguilles. Tantôt il se présente en minces feuillets, alternant avec des feuillets de quartz; tantôt il constitue, sur plusieurs centimètres d'épaisseur, des enchevêtrements massifs de cristaux très fins; tantôt il apparaît en houppes radiées, disséminées au milieu d'une épidote fibreuse de couleur sombre, et mêlées à de beaux octaèdres de magnétite.

La bande de schistes à riébeckite se poursuit, au sud de la mine de cuivre, jusqu'au delà du torrent de l'Aigue-Blanche. A la base des pics du Longet, au-dessus de la chapelle des Clousis, j'ai retrouvé les affleurements de ces schistes, tou-

---

(1) *Voir*, au tome XX de ce *Bulletin*, une petite Note sur cette découverte : p. 5 à 7.

(2) A. Lacroix, *Sur la lawsonite de Corse et de la Nouvelle-Calédonie* (*Bull. Soc. de Minéralogie*, t. XX, 1897, p. 309-312).

jours compris entre la bande de roches vertes et la bande de calcschistes.

Les propriétés optiques de la riébeckite de Saint-Véran sont les suivantes. Couleur très foncée; polychroïsme très énergique avec les teintes principales bleu indigo, bleu violacé, vert jaunâtre clair. Ces teintes varient un peu de ton et d'intensité d'un cristal à l'autre, et aussi dans le même cristal. La dispersion est très sensible. La biréfringence ne dépasse pas 0,007. L'allongement est négatif, la bissectrice $n_p$ faisant avec l'axe vertical un très petit angle.

Ces roches à riébeckite de Saint-Véran sont entièrement analogues, et comme composition, et comme gisement, à celles qu'a décrites M. A. Lacroix [1] et qui provenaient, les unes de la région du Mont-Cenis, les autres de Vezzani (Corse). Il est probable que, tout le long de la *zone des Schistes lustrés*, depuis la Corse jusqu'à la terminaison orientale des Hohe Tauern, on trouvera de nombreux affleurements de schistes semblables.

Les schistes à riébeckite de Saint-Véran sont de *véritables schistes*. Je veux dire que ce sont des roches sédimentaires métamorphiques, et non pas des roches intrusives (ou volcaniques) décomposées et laminées. Au contraire, les roches à glaucophane de la même localité sont, de toute évidence, des gabbros transformés. Mais il n'est guère douteux qu'il n'y ait une relation entre ces gabbros glaucophanisés et les schistes à riébeckite voisins; et je considère ces derniers schistes comme des sédiments ayant subi un métamorphisme spécial, et un enrichissement exceptionnel en silicium et en sodium, au moment de la mise en place de la roche éruptive.

---

[1] A. Lacroix, *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, t. I, p. 698.

## Sur une enclave énallogène de l'andésite supérieure du Lioran (Cantal);

Par M. A. de Romeu.

L'échantillon qui fait l'objet de cette Note a été recueilli dans la coulée supérieure de l'andésite porphyroïde pliocène (andésite à hornblende et labrador) qui couronne la plupart des sommets actuels du centre de l'ancien volcan du Cantal. M. A. Lacroix, qui a bien voulu m'en confier l'étude, l'a trouvé sur la crête qui domine la rive droite de Font-Alagnon près du Lioran, au bord du sentier qui conduit de cette dernière localité au Puy Griou.

Cette enclave est constituée par une masse d'une couleur d'un gris violet rosé, d'environ $1^{dm^3}$ qui, à l'œil nu, semble parfaitement homogène. Elle possède un feuilletage à lamelles brillantes, qu'après un examen superficiel on serait tenté d'attribuer aux clivages faciles du minéral unique dont on pourrait la supposer formée.

Au microscope, on reconnaît au contraire que sa complexité minéralogique est extrême : elle contient d'abondants individus de sillimanite, andalousite, corindon, spinelle, rutile, englobés pœcilitiquement dans de grandes plages d'orthose.

Cette *orthose* est très limpide et ses axes très rapprochés sont situés dans $g^1$(010) (orthose déformée). C'est cette face $g^1$(010) qui est parallèle aux feuillets nacrés et très légèrement gauffrés de l'échantillon; c'est dans elle, en outre, que sont couchées les aiguilles de sillimanite et d'andalousite; cette double particularité explique l'éclat brillant que présentent les surfaces de schistosité et les fait ressembler à celles du diaspore.

La *sillimanite* et l'*andalousite* forment la majeure partie de la roche; elles se présentent en longues aiguilles allongées suivant l'axe vertical; ces aiguilles, dans une même plage d'orthose, sont généralement parallèles entre elles; mais, quelquefois aussi, elles sont groupées radialement. Chacun de ces individus bacillaires est formé par de la sillimanite ou de l'andalousite seule, ou par un groupement à axes parallèles de ces deux corps; dans ce cas, l'association se fait soit le long d'une même fibre, soit à ses extrémités opposées; la différence de biréfringence et celle du signe de l'allongement permettent une distinction facile.

Le *corindon* en cristaux tabulaires très minces, aplatis perpendiculairement à l'axe principal, est disposé parallèlement aux plans de schistosité de la roche.

Le *spinelle* (*pléonaste*), de couleur verte mais parfois rubéfié, se présente en individus beaucoup plus petits que les minéraux précédents, mais répandus en très grand nombre dans les plages d'orthose; on y constate la macle suivant $a^1$ (111) De très fines aiguilles de *rutile* sont noyées dans le feldspath.

Enfin il existe quelques paillettes polychroïques d'une *biotite* qui, le plus souvent, a été transformée en un verre brunâtre.

Nous nous trouvons en présence d'une enclave énallogène constituée par un lambeau d'une des roches qui forment le soubassement de l'appareil volcanique. Selon toute vraisemblance, c'est un accident d'une roche gneissique à sillimanite et andalousite; cette opinion est corroborée par la présence, signalée par Fouqué [1] dans la vallée de l'Alagnon, de gneiss granulitiques à sillimanite, mais d'une richesse bien moins grande que l'enclave en ce dernier minéral.

---

[1] A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, t. I, p. 57. Baudry, 1893.

Au cours du charriage dans le magma andésitique, cette enclave n'a été préservée de la destruction que grâce à la présence dans l'orthose de nombreux minéraux très réfractaires à la chaleur et à l'action chimique du magma. Les propriétés optiques de ce feldspath ont été déformées par la chaleur, comme cela a lieu si souvent dans les enclaves des roches volcaniques.

---

## Note sur la minéralogie de Tahiti;

Par M. A. Lacroix.

La constitution géologique de notre colonie de Tahiti est à peu près inconnue; on sait seulement par de brefs récits de voyageurs que des roches volcaniques basaltiques (non étudiées d'ailleurs) y abondent sous forme de coulées et de tufs, au moins au voisinage du littoral; quant au centre montagneux et désert de l'île, il a été peu exploré, en raison de la difficulté d'accès de ses vallées profondes et de ses pics escarpés, dont l'altitude maximum atteint 2237$^{m}$.

### I. — Les roches a néphéline.

Mon attention a été appelée sur la minéralogie de cette île par un caillou roulé, indiqué dans l'ancien Musée des Colonies comme provenant de la rivière de Papénoo. La roche qui le constitue est identique à celles que j'ai proposé de désigner sous le nom de *monzonites néphéliniques* et dont j'ai montré l'existence dans le nord-ouest de Madagascar. A la suite de la description que j'en ai donnée dans un Mémoire consacré aux roches sodiques de la Grande Ile [1], j'ai fait remarquer

---

[1] *Les roches alcalines caractérisant la province pétrographique d'Ampasindava* (*Nouvelles archives du Muséum*, t. I, 1902 et t. II, 1903).

qu'elle était vraisemblablement l'indice de l'existence à Tahiti d'une province pétrographique analogue à celle de Madagascar.

En 1901, un zoologiste du Muséum, M. Seurat, ayant été chargé d'une mission dans nos possessions de l'Océanie, je lui ai remis avant son départ un fragment de cette roche en le priant de rechercher son gisement exact; à deux reprises, M. Seurat m'a envoyé d'importantes collections, recueillies par lui dans l'est, le nord et le centre de Tahiti; elles viennent confirmer mes prévisions au delà de toute espérance. Elles démontrent, en effet, l'existence dans cette île d'une série pétrographique remarquable, comprenant, en fait de roches grenues, des *syénites néphéliniques*, des *monzonites néphéliniques*, des *gabbros néphéliniques*, des *gabbros amphiboliques*, et enfin des roches à grain très fin et plus ou moins microlitiques (*camptonites, monchiquites, tinguaïtes*).

Ces roches forment des affleurements considérables dans la vallée de Vai Tuoru (Grande vallée de Papénoo), souvent extrêmement étroite, bordée par de très hautes falaises et aboutissant à un vaste cirque, que dominent les cimes les plus élevées de l'île. La même vallée renferme également des coulées et des tufs basaltiques, qui existent seuls dans les vallées de Punaruu, de Fautaua, ainsi que dans la région comprise entre Papénoo et Tiareï.

La caractéristique commune de presque toutes les roches qui nous occupent réside dans l'existence de la néphéline, de l'augite et d'une amphibole brune (verdissant parfois sur les bords) du groupe de la barkévicite.

Les *syénites néphéliniques* sont très leucocrates, leurs feldspaths, généralement aplatis suivant $g^1$(010) et enchevêtrés, sont constitués par de l'orthose et de l'anorthose; la néphéline et la sodalite leur sont en moyenne postérieures; l'amphibole et le pyroxène sont automorphes, accompagnés de sphène,

d'apatite et de titanomagnétite. La structure, en résumé, est celle de la foyaïte. Une syénite néphélinique à grains fins, formant des filons minces dans les gabbros, possède une structure différente; l'orthose n'y est pas aplatie et la néphéline se présente en cristaux automorphes; enfin la biotite remplace l'amphibole de la roche précédente.

Les *monzonites néphéliniques* offrent l'analogie la plus frappante avec celles de Madagascar; comme dans cette région, elles paraissent constituer plutôt un facies de variation des syénites que des gisements distincts. Elles présentent d'ailleurs de nombreux passages avec les syénites, grâce à l'apparition dans celles-ci de grands cristaux de labrador basique ou de bytownite, autour desquels viennent s'orienter, à axes parallèles, l'orthose ou l'anorthose. Ces roches sont généralement plus riches en sphène et en apatite que les syénites; de même que dans celles-ci, l'amphibole est souvent en partie résorbée et transformée en un mélange de microlites d'augite et de titanomagnétite. Ces monzonites présentent des variétés pegmatoïdes, dont les éléments, et notamment la barkévicite, atteignent plusieurs centimètres de plus grande dimension; elles sont parfois très riches en néphéline, dont les plages, accompagnées de sodalite et d'analcime (cette dernière probablement primaire, comme à Madagascar), enveloppent les feldspaths.

Les *gabbros néphéliniques* sont essentiellement constitués par de l'augite, de la biotite et de la barkévicite; ces trois minéraux sont généralement enchevêtrés les uns dans les autres et enveloppent ophitiquement des plagioclases très basiques (labrador-bytownite et bytownite) un peu aplatis; de grandes plages de néphéline sont postérieures à tous les minéraux précédents; l'olivine, l'apatite en énormes cristaux, la titanomagnétite enfin sont toujours très abondantes. L'existence dans quelques échantillons d'une petite quantité d'or-

those indique un passage à des types basiques (*essexites*) de monzonites néphéliniques, que des recherches sur le terrain permettront certainement de rencontrer dans les mêmes gisements.

La disparition de la biotite et de la néphéline, l'augmentation de la teneur en augite, conduisent à des *gabbros amphiboliques* (gabbros dioritiques), tout à fait identiques, eux aussi, à ceux de Madagascar. Je n'ai trouvé qu'un seul échantillon d'une sorte de diabase ophitique à barkévicite (*protérobase*), qui semble constituer une variation moins basique de cette même roche.

Les *monchiquites* et les *camptonites,* à aspect extérieur basaltique, présentent les caractères habituels : longs microlites et phénocristaux de barkévicite et parfois microlites d'augite, accompagnés, soit de plagioclases basiques (camptonites), soit d'analcime (monchiquites) ; il existe des passages ménagés entre ces deux types extrêmes. Enfin les *tinguaïtes*, formant dans la rivière des galets d'un vert poireau, très compacts, ne renferment que quelques phénocristaux d'orthose, disséminés dans une pâte riche en microlites filiformes d'ægyrine, associés à de l'orthose, à de la néphéline et à du verre.

En résumé, les roches qui viennent d'être brièvement décrites constituent une série pétrographique remarquablement continue, dont les variations minéralogiques très étendues sont essentiellement le résultat d'une augmentation progressive de la teneur en chaux, en fer et en magnésie, accompagnant une diminution corrélative de la teneur en silice et en alcalis.

Je n'ai reçu encore aucun renseignement sur les relations géologiques des roches qui constituent cette série; mais la considération des enclaves et des filons que présentent les gros blocs étudiés montre, dès à présent, que les gabbros né-

phéliniques ou simplement amphiboliques sont antérieurs aux syénites et aux monzonites néphéliniques et que celles-ci, à leur tour, sont traversées par des filons minces de monchiquites-camptonites et de tinguaïtes; c'est là l'ordre que j'ai établi pour les roches similaires de Madagascar.

En terminant, je ferai remarquer l'intérêt que présente la découverte de cette nouvelle province pétrographique à un point de vue général. Les roches alcalines ont été pendant longtemps considérées comme des exceptions, localisées dans un petit nombre de contrées. Peu à peu, elles sont rencontrées dans les régions les plus éloignées les unes des autres. La Polynésie était restée l'une des parties du globe où il en avait été à peine question; un seul gisement de syénite néphélinique y était en effet connu [1] jusqu'à présent, à l'île Viti Lévu, dans l'archipel Viti (Fiji), situé à environ 3200$^{km}$ à l'ouest de Tahiti.

En général, les syénites néphéliniques existent rarement seules, elles sont d'ordinaire accompagnées d'autres types de roches alcalines dont l'ensemble possède le plus souvent quelques particularités communes, caractéristiques de la province pétrographique; il est intéressant de remarquer à ce point de vue l'analogie que les roches de Tahiti qui viennent d'être décrites présentent, jusque dans certains de leurs détails, non seulement avec celles de Madagascar, mais encore avec celles des environs de Montréal, au Canada.

## II. — Les basaltes et leurs minéraux.

Les roches volcaniques récentes, de nature basaltique, ont traversé les roches qui viennent d'être décrites; l'étude chimique seule permettra d'élucider les relations pouvant exister

---

[1] A. Wichmann, *Tschermak's min. und petr. Mittheil.*, t. V, 1882, p. 1.

entre ces *basaltes* et la série néphélinique, mais leur composition minéralogique permet déjà de prévoir avec de grandes vraisemblances qu'ils présentent au point de vue chimique une parenté fort nette avec les gabbros amphiboliques de la série plus ancienne. Ces basaltes sont tous très basiques; beaucoup d'entre eux renferment de gros cristaux porphyriques d'augite [1] et d'olivine qui sont parfois tellement pressés les uns contre les autres que la roche, au premier abord, semble être holocristalline et grenue. Les basaltes compacts de Papénoo renferment parfois des enclaves de nodules à olivine du type commun.

L'examen microscopique met en évidence, non seulement de grandes variations de structure parmi ces basaltes (type doléritique à type semi-cristallin avec pâte extrêmement fine), mais encore des variations minéralogiques : ces dernières tiennent surtout aux proportions relatives des plagioclases et de l'augite, celle-ci devient parfois tellement prédominante que la roche peut être considérée comme une *limburgite*. Je n'ai observé qu'un seul échantillon de basalte renfermant des phénocristaux de plagioclases (bytownite).

Ces basaltes sont fréquemment très altérés et alors riches en minéraux secondaires parmi lesquels dominent les zéolites.

Les espèces les plus fréquentes sont l'*analcime* en gros cristaux ($a^2$) transparents, et la *mésolite*, dont les cristaux distincts n'offrent que les formes communes; ils sont de formation postérieure à l'analcime : leurs aiguilles, parfaitement transparentes, sont presque monoréfringentes à travers

---

[1] Ces cristaux sont aplatis suivant $h^1$ et ne présentent que les faces $h^1$, $m$, $g^1$, $b^{\frac{1}{2}}$ : ils atteignent 1cm de diamètre. M. l'officier d'administration d'artillerie coloniale Courtet, qui a fait un long séjour à Tahiti, m'a signalé l'extrême abondance de cristaux, isolés, d'augite dans une couche de tuf basaltique de la pointe Tataa sur la côte nord-ouest de l'île.

leurs faces *m* et *t*, presque normales à un axe optique [1] (vallée de Punaruu).

La *thomsonite* se présente (vallée de Papénoo) soit en cristaux aplatis suivant $h^1$ (100) de la forme de la comptonite, soit en agrégats fibreux (mésole), associés aux deux zéolites précédentes.

Enfin, la christianite est abondante dans certains basaltes de la vallée de Papénoo. Les groupements les plus fréquents sont ceux qui conduisent à un pseudo-rhombododécaèdre régulier (macle de Stempel).

Dans un seul échantillon, l'analcime est recouverte de petits octaèdres à formes quadratiques, d'un blanc mat, qui paraissent constitués par de la *gismondine*.

Il est à signaler l'absence de la chabasie parmi les échantillons étudiés, alors que ce minéral abonde au contraire en magnifiques rhomboèdres dans les basaltes vacuolaires de l'île Mangaréva (archipel Gambier) que M. Seurat a récemment envoyés au Muséum.

Les basaltes doléritiques riches en olivine fournissent de beaux exemples de transformation progressive de ce minéral en bowlingite (iddingsite), dont les propriétés sont facilement étudiables.

Un échantillon de ce genre renferme en outre de nombreux petits nodules, ne dépassant guère $8^{mm}$ de diamètre, et constitués par un minéral d'un blanc vert pâle, compact, dont la cassure devient cireuse par le frottement. Ce minéral, dont la densité est de 2,28, ne fond que difficilement sur les bords au chalumeau; il est attaqué avec peine par les acides; il ne contient que de la silice, de la magnésie, du protoxyde de fer et de l'eau. Au microscope, il se montre formé par des rosettes fibrolamellaires, incolores dans la partie centrale des

---

[1] *Minéralogie de la France et de ses colonies*. t. II, p. 277.

nodules, vert pâle sur leurs bords. L'extinction des fibres est longitudinale; le signe de l'allongement est positif; la biréfringence un peu supérieure à celle du quartz. La petitesse des fibres ne permet aucun examen en lumière convergente. Ce minéral offre la plus grande analogie avec la *thalite* du lac Supérieur, dont M. N.-H. Winchell a fait il y a quelques années l'étude [1] dans mon laboratoire. La comparaison des lames minces qu'il m'en a laissées avec celles de la substance de la vallée de Papénoo montre que la biréfringence de cette dernière est un peu plus élevée, ce qui est dû certainement à une teneur plus grande en fer. Il y a lieu d'appeler l'attention des pétrographes sur cette substance qu'au microscope on pourrait confondre avec une chlorite peu ferrugineuse. L'absence d'alumine (ou la pauvreté en alumine du minéral du lac Supérieur) constitue un bon procédé de diagnostic différentiel.

---

## Minéraux nouveaux.

Par M. Paul Gaubert.

Cryolithionite. — Ce minéral incolore, transparent sous une faible épaisseur, se trouve en cristaux atteignant $17^{cm}$ de diamètre, mais ayant en général de $5^{cm}$ à $12^{cm}$, dans la cryolithe d'Ivigtut, Groenland. Il est cubique et présente seulement la forme $b^1$ (110), qui est aussi une face de clivage.

La cryolithionite est rigoureusement isotrope. Son indice de réfraction est très faible et voisin de celui de l'eau. On a, en

---

(1) *American Geologist*, t. XXIII, 1899, p. 40.

existe un clivage. La poussière est grise. La densité est de 2,78 et la dureté de 3,5.

Les propriétés optiques montrent que le minéral est orthorhombique, mais aucune forme cristalline n'a été observée.

L'angle des axes 2 E est d'environ 48° autour d'une bissectrice négative.

L'analyse a donné les résultats suivants :

$SiO^2$ 50,66; $Al^2O^3$ 8,58; $Fe^2O^3$ 13,43; FeO 12,08; $K^2O$ 5,28; $Na^2O$ 6,94; $H^2O$ 3,03.

représentés par la formule

$$(Al^2F^2)Fe(NaK)^2(SiO^3)^5, H^2O.$$

L'astrolithe dérive par conséquent de l'acide $H^2SiO^3$.

Elle fond au chalumeau un peu plus difficilement que le grenat almandin.

Ce minéral se trouve à Neumark, Vogtland (Saxe) dans un tuf de diabase (Reinisch, *Centr. f. Min.*, 1904, p. 108).

# TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

## DES TRAVAUX ORIGINAUX PUBLIÉS DANS LE TOME XXVII.


Pages.

ARSANDAUX (H.). — Sur les gîtes aurifères du massif du Khakhadian (Soudan occidental) ..... 81

BARDET (G.). — Essai de mesure de l'activité photographique de certains minéraux ..... 63

BOURGEOIS (L.). — Rapport du Trésorier ..... 1

BRONGNIART (M.). — Note sur une barytine de Patagonie... 72

DUFET (H.). — Discours prononcé aux obsèques de M. Fouqué ..... 77

— Etude cristallographique et optique du rhamnose ..... 146

— Recherches expérimentales sur l'existence de la polarisation rotatoire dans les cristaux biaxes ..... 156

GAUBERT (P.). — Contribution à l'étude des faces cristallines (faces vicinales) ..... 6

— Minéraux nouveaux ..... 74

— Sur des cristaux de vivianite produite aux dépens d'ossements ..... 212

— Produits de déshydratation de quelques phosphates et orientation du chlorure de baryum sur les minéraux du groupe de l'autunite ..... 222

— Sur l'accroissement des cristaux de thymol ..... 233

— Sur les anomalies de forme des cristaux ..... 238

— Sur la cristobalite de Mayen ..... 249

— Minéraux nouveaux ..... 255

— Minéraux nouveaux ..... 279

GRANGER (A.) et SCHULTEN (A. DE). — Sur les iodates de cuivre ..... 157

HERBETTE (Jean). — Comptes rendus des publications étrangères ..... 245

IERSHOFF (S.). — Recherches sur les formes cristallines de quelques nouvelles substances organiques ..... 189

Pages.
LACROIX (A.). — Sur la grandidiérite ..... 259
— Note sur la Minéralogie de Tahiti ..... 272
MICHEL (L.) — Sur les mines de La Lucette (Mayenne).... 79
— Sur la reproduction de l'aragonite..... 220
PISANI (F.). — Examen de plusieurs minéraux au point de vue de leur radioactivité..... 58
RICHARD (Ad.). — Sur les cristaux de bournonite d'Ally (Haute-Loire)..... 218
ROMEU (M. DE). — Les roches filoniennes basiques de la région de l'Arbizon (Hautes-Pyrénées)..... 87
— Sur une enclave énallogène de l'andésite supérieure du Lioran (Cantal)..... 270
SCHULTEN (A. DE). — Sur le phosphate double d'ammonium et de calcium..... 97
— Production artificielle de la hopéite ..... 100
— » » de haidingérites de baryum et de strontium..... 104
— Production artificielle de monétites de baryum, de plomb et de strontium et de monétites arséniées de plomb et de strontium..... 109
— Production artificielle de la huréaulite et de la huréaulite de cadmium..... 113
— Production artificielle par voie humide des chromates anhydres cristallisés de baryum, de plomb, de strontium. 129
— et GRANGER (A.). — Sur les iodates de cuivre..... 137
TERMIER. — Roches à lawsonite et à glaucophane et roches à riébeckite de Saint-Véran (Hautes-Alpes)..... 265
WALLERANT (Fréd.) — Des macles secondaires et du polymorphisme..... 169

# TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

## DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME XXVII.

### ABRÉVIATIONS USITÉES DANS CETTE TABLE.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *An.* | Analyse. | *Min. nouv.* | Minéral nouveau. |
| *Const.* | Constitution. | *Opt.* | Étude optique. |
| *Crist.* | Cristallographie. | *Pol. rot.* | Polarisation rotatoire. |
| *Group.* | Groupement. | *Reprod.* | Reproduction. |


**A**

para-**Acétylthymolyl-éthylthymolylamine** (crist.) (S. Iershoff), 195.
**Alun** (crist.) (P. Gaubert), 53.
**Analcime** (crist.) (P. Gaubert), 26.
**Anatase** (crist.) (P. Gaubert), 34.
**Andalousite** (crist.) (Lacroix), 265.
**Andésite du Lioran** (enclave de l') (de Romeu), 270.
**Apatite** (crist.) (P. Gaubert), 41.
**Aragonite** (reprod.) (L. Michel), 220.
**Astrolithe** (min. nouv.) (Gaubert), 281.
**Augite** (de Romeu), 91, 95.
**Autunite** (crist.) (P. Gaubert), 224.
**Axinite** (crist.) (P. Gaubert), 53.
**Azotate d'Éther.p.diéthylique de p.thymoquinone-nitrate thymolylimide-oxyde** (crist.) (S. Iershoff), 191.

**B**

**Bakérite** (min. nouv.) (P. Gaubert), 74.
**Barytine** (M. Brongniart), 67, 72.
**Barytine** (crist.) (P. Gaubert), 18.
**Basalte** (Lacroix), 276.
**Boothite** (min. nouv.) (P. Gaubert), 74.
**Bournonite** (crist.) (Termier), 67.
**Bournonite** (crist.) (Richard), 218.
**Bowlingite** (Lacroix), 278.

**C**

**Calcite** (crist.) (Wallerant), 180.
**Carborundum** (crist.) (P. Gaubert), 17.
**Cassitérite** (crist.) (P. Gaubert), 15, 33.
**Chalcolite** (crist.) (Gaubert), 229.
**Chalcophyllite** (crist.) (P. Gaubert), 223.

**Chloroaluminate de calcium** (crist.) (WALLERANT), 183, 187.
**Chlorure de baryum**, (P. GAUBERT), 227.
**Chromate de baryum** (crist.) (DE SCHULTEN), 130.
— **de plomb** (crist.) (DE SCHULTEN), 130.
— **de strontium** (crist.) (DE SCHULTEN), 131.
**Clivage et facies** (SAMOJLOF), 253.
**Cristaux** (anomalies) (GAUBERT), 238.
**Cristobalite de Mayen** (P. GAUBERT), 242.
**Cryolithionite** (min. nouv.) (GAUBERT), 279.
**Crocoïse** (reprod., crist.) (DE SCHULTEN), 130.
**Cuivre gris** (crist.) (P. GAUBERT), 15.
**Cuprite** (crist.) (P. GAUBERT), 20.

**D**

**Diamant** (crist.) (P. GAUBERT), 19.
**Diethoxy-dithymolamine** (crist.) (IERSHOFF), 192.
**Diopside** (crist.) (P. GAUBERT), 52.

**E**

**Ethoxy-thymoquinone-thymolimide** (crist.) (IERSHOFF), 194.

**F**

**Faces vicinales** (crist.) (P. GAUBERT), 6.
**Feldspaths** (DE ROMEU), 89.
**Fluorine** (crist.) (GAUBERT), 20, 54.

**G**

**Gabbro néphélinique** (LACROIX), 274.
**Galène** (crist.) (GAUBERT), 25.
**Glaucophane** (roches à) (TERMIER), 217.
**Gîtes aurifères du Khakhadian** (H. ARSANDAUX), 81.
**Grandidiérite** (const., crist., opt.) (LACROIX), 259.
**Grenats** (crist.) (GAUBERT), 28.

**H**

**Haidingérites de baryum et de strontium** (reprod., crist., opt.) (DE SCHULTEN), 104, 106.
**Hexaméthylbiphényle** (crist.) (IERSHOFF), 197.
**Hopéite** (reprod., crist., opt.) (DE SCHULTEN), 100.
**Hornblende** (DE ROMEU), 95.
**Huréaulite** (reprod., crist.) (DE SCHULTEN), 123.
**Huréaulite de cadmium** (crist.) (DE SCHULTEN), 126.

**I**

**Idocrase** (crist.) (P. GAUBERT), 32.
α. **Ionone hydrosulfonate de sodium** (crist.) (IERSHOFF), 199.
β. **Ionone hydrosulfonate de calcium** (crist.) (IERSHOFF), 201.
**Iodates de cuivre** (crist.) (GRANGER et de SCHULTEN), 137.
para-**Iodoéthylate de métoxyquinoléine** (crist.) (IERSHOFF), 203.
**Iodoéthylate de kairoline** (crist.) (IERSHOFF), 205.
**Iodométhylate de kairoline** (crist.) (IERSHOFF), 207.
**Iodométhylate de quinoléine** (crist.) (IERSHOFF), 208.
**Iodométhylate diiodique de phénylacridine** (crist.) (IERSHOFF), 190.

K

**Kunzite** (min. nouv.) (LACROIX), 5.

L

**Latérite** (ARSANDAUX), 82.
**Lawsonite** (roches à) (TERMIER), 265.
**Limburgite** (LACROIX), 277.

M

**Macles secondaires** (crist.) (WALLERANT), 169
**Mésolite** (LACROIX), 277.
n.**Méthylisopapavérine** (crist.) (IERSHOFF), 202.
**Méthyliodométhylate de nitroquinoléine** (crist.) (IERSHOFF), 210.
**Mines de La Lucette** (MICHEL), 79.
**Minéraux radioactifs** (PISANI), 58.
**Minéraux radioactifs** (BARDET), 63.
**Monchiquite** (LACROIX), 275.
**Monétite de baryum** (crist.) (DE SCHULTEN), 110.
**Monétite de plomb** (crist.) (DE SCHULTEN), 111.
**Monétite de strontium** (crist.) (DE SCHULTEN), 115.
**Monétite arséniée de plomb et de strontium** (crist.) (DE SCHULTEN), 113, 117.
**Monzonite néphélinique** (LACROIX), 274.

N

**Naegite** (min. nouv.) (GAUBERT), 256.
**Néphéline** (LACROIX), 272.
**Nitrate de baryum** (crist.) (GAUBERT), 27, 54.
**Nitrate de plomb** (crist.) (GAUBERT), 7, 13, 27, 54.

O

**Oligiste** (crist.) (GAUBERT), 17, 34.
**Or** (Mayenne) (MICHEL), 80.
**Or** (minerais d') (an.) (ARSANDAUX), 84.
**Orthose** (crist.) (GAUBERT), 51.
**Orthose** (DE ROMEU), 270.

P

**Palachéite** (min. nouv.) (GAUBERT), 255.
**Phosphate d'alumine** (prod.) (A. LACROIX), 258.
**Phosphate d'ammonium et de calcium** (crist., opt.) (DE SCHULTEN), 97.
**Phosphate monosodique** (pol. rot.) (DUFET), 162.
**Picrique** (acide) (crist.) (GAUBERT), 238.
**Plagioclases** (DE ROMEU), 90.
**Polarisation rotatoire dans les biaxes** (DUFET), 156.
**Polymorphisme** (WALLERANT), 184.
**Projection gnomonique** (H. SMITH), 245.
**Pyrite** (DE ROMEU), 92.
**Pyromorphite** (P. TERMIER), 67.

Q

**Quartz** (crist.) (GAUBERT), 17, 35.

R

**Rapport sur le certificat de Minéralogie**, 68.
**Résorcine** (pol. rot.) (DUFET), 167.
**Rhamnose** (crist., opt.) (DUFET), 146.
**Rhamnose** (pol. rot.) (DUFET), 164.
**Riébeckite** (TERMIER), 217, 265.
**Roches de l'Arbizon** (DE ROMEU), 87.
**Roches à néphéline** (LACROIX), 272.

S

**Sel de Seignette** (pol. rot.) (Dufet), 159, 162.
**Sérendibite** (Lacroix), 263.
**Silicates fondus** (Dœlter), 247.
**Silicotungstates** (Wyrouboff), 218.
**Sillimanite** (de Romeu), 271.
**Sphène** (crist.) (Gaubert), 52.
**Spinelle** (de Romeu), 271.
**Strychnine** (oxyde de) (crist.) (Iershoff), 212.
**Sulfate de magnésie** (pol. rot.) (Dufet), 162.
**Sulfate de nickel ammon.** (crist.) (Gaubert), 52.
**Sulfate de soude** (prod.) (Lacroix), 217.
**Syénite néphélinique** (Lacroix), 273.

T

**Tahiti** (minéralogie de) (Lacroix), 272.
**Tartrique** (acide) (pol. rot.) (Dufet), 163.
**Teallite** (min. nouv.) (Gaubert), 280.
**Tétraméthylbiphényle** (crist.) (Iershoff), 198.
**Thalite** (Lacroix), 279.
**Thomsonite** (Lacroix), 278.
**Thorianite** (Termier), 257.
**Thymol** (crist.) (P. Gaubert), 233.
**Topaze** (crist.) (P. Gaubert), 43.
**Tridymite** (P. Gaubert), 244.

U

**Uranocircite** (crist.) (Gaubert), 224, 227.

V

**Vandiérite** (min. nouv.) (Mme Boubée), 81.
**Vivianite** (prod., crist. opt.) (Gaubert), 212.

W

**Wulfénite** (crist.) (P. Gaubert), 31.


*Le Secrétaire gérant :*
Maurice BLONDEL.

34614 Paris. — Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.